



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA
NORMA ISO 55000 PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS
MAQUINAS Y EQUIPOS DE LA EMPRESA METALMECANICA
MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS S.A.C.”**

**TESIS PARA LA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

CASTAÑEDA RIVERA, LEONARDO FRANCO

ASESOR:

ING. SIFUENTES INOSTROZA, TEOFILO MARTIN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO

TRUJILLO – PERÚ

2017

PÁGINA DEL JURADO

El presidente y los miembros del Jurado Evaluador de la tesis: Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la norma ISO 55000 para mejorar la Disponibilidad de las máquinas y equipos de la empresa metalmecánica MAZ Ingenieros Contratistas SAC, designados por la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Dr. Jorge Inciso Vázquez

PRESIDENTE

Mg. Martin Sifuentes Inostroza

VOCAL

Dr. Felipe de la Rosa Bocanegra

SECRETARIO

DEDICATORIA

Dedico esta investigación en primer lugar a Dios por ser mi fortaleza y guía, a lo largo de mi formación académica y durante el proceso de esta investigación.

A mis padres por haberme formado como una persona de valores, a mis sobrinas por ser mi principal motivación para salir adelante, y a mis hermanas por haberme apoyado incondicionalmente a lo largo de mi carrera y por ser mi apoyo y soporte en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y hermanas por su apoyo incondicional durante toda mi formación académica y moral.

A mis docentes de la universidad César Vallejo por ser personas claves durante mi formación académica, ya que gracias a ellos he podido desarrollar mis competencias como estudiante y para el futuro como ingeniero.

A Dios por ser mi fortaleza en todo momento.

Al ingeniero Mario Eduardo Azañero Díaz, Gerente General Y Juan Mario Azañero Luján, Gerente de Mantenimiento de la empresa MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC, quienes me acogieron en su empresa y mostraron su total apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

Agradecer también a mi asesor el Ing. Martín Sifuentes Inostroza por su tiempo y sus aportes al desarrollo de mi investigación.

A todos mis compañeros quienes directa o indirectamente han contribuido para poder culminar exitosamente esta investigación.

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo Leonardo Franco Castañeda Rivera con DNI N° 70010153, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Escuela de Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Octubre del 2017

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada:

“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA NORMA ISO 55000 PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MAQUINAS Y EQUIPOS DE LA EMPRESA METALMECANICA MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS S.A.C.”

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo teniendo como base los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación académica y experiencia pre profesional; permitiendo culminar el proyecto exitosamente.

Señores miembros del jurado, dejo a vuestro criterio la evaluación del presente proyecto.

CASTAÑEDA RIVERA LEONARDO FRANCO

INDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	9
1.1.	Realidad Problemática.....	9
1.2.	Trabajos previos:	11
1.3.	Teorías relacionadas al tema:	13
1.4.	Formulación del problema	32
1.5.	Justificación del estudio.....	32
1.6.	Objetivos	33
2	MÉTODO.....	34
2.1.	Diseño de investigación.....	34
2.2.	Variables, operacionalización.....	33
2.3.	Población y muestra.....	34
3	RESULTADOS.....	36
3.1.	Inventario de Máquinas y equipos	38
3.2.	Análisis de criticidad.....	39
3.3.	Evaluación de estado actual de la maquinaria y equipo	40
3.4.	Plan de mantenimiento basado en la Norma ISO 55000	55
3.5.	Programa de Mantenimiento:	60
3.6.	Simulación Del Plan de Mantenimiento	69
3.7.	Comparación de Indicadores.....	75
3.8.	Costo total de mantenimiento y ROI	75
4	DISCUSIÓN.....	78
5	CONCLUSIONES	83
6	RECOMENDACIONES.....	85
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
8	ANEXOS.....	89

RESUMEN

Para la presente tesis, se tuvo como objetivo general la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo basado en la norma ISO 55000 para la maquinaria y equipo de la empresa Maz Ingenieros Contratistas S.A.C., para incrementar su disponibilidad operacional.

La tesis se aplicó a los equipos que presentaron un mayor índice de criticidad. Para esta investigación se creó una data de recolección de datos, que permitieron determinar los diferentes índices de mantenimiento que se tuvieron en cuenta en este proyecto. Luego en base a dicha data se determinó el estado actual de la maquinaria y equipo, después se aplicó un análisis de criticidad, para determinar los equipos críticos, luego se creó el plan de mantenimiento, mediante formatos de mantenimiento, y el programa de monitoreo del cumplimiento de actividades y finalmente se realizó una simulación del plan de mantenimiento mediante el programa PROMODEL.

Posteriormente, se obtienen nuevos indicadores de mantenimiento, los cuales fueron comparados con los indicadores obtenidos de la evaluación inicial, para último pasar a determinar costos de mantenimiento antes y después de la aplicación del plan.

La investigación, brindó un resultado favorable, mejorando los indicadores de mantenimiento, y por consiguiente aumentando la disponibilidad operacional de la maquinaria y equipos.

Palabras Claves: Disponibilidad operacional, Mantenimiento Preventivo, Norma ISO 55000, Metalmecánica, Promodel.

ABSTRACT

For this thesis, the general objective was the elaboration of a preventive maintenance plan for the machinery and equipment of the company MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C., in order to increase its operational availability.

The thesis was applied to the teams that presented a higher index of criticality. For this research a data collection data was created, which allowed to determine the different maintenance indices that were taken into account in this project. Then, based on this data, the current state of the machinery and equipment was determined, then a criticality analysis was applied to determine the critical equipment, then the maintenance plan was created, through maintenance formats, and the monitoring program fulfillment of activities.

Subsequently, new maintenance indicators are obtained, which were compared with the indicators obtained from the initial evaluation, and lastly to determine maintenance costs before and after the implementation of the plan.

The research provided a favorable result, improving maintenance indicators, and consequently increasing the operational availability of machinery and equipment.

Key Words: Maintenance, Maintenance Plan, Maintenance Indicators.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La industria metalmecánica abarca la fabricación de artículos metálicos por medio de la manipulación mecánica de los metales y la fabricación de máquinas electro-mecánicas para usos en la industria, a través del ensamble de piezas metálicas.

Este sector está considerado a nivel mundial como un sector en continuo desarrollo en la industria debido a que posee un elevado efecto multiplicador, capaz de influenciar en otros sectores y con una alta oferta y demanda de empleo, sus procesos requieren y permiten desarrollar tecnología avanzada y su complejidad ayuda a que la economía y el sector industrial se desarrollen y modernicen.

A nivel nacional, según la información recogida por el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú, en el año 2015 el sector transformación registró el 19.8% del PBI de dicho año, lo cual se traduce a s/. 119, 393.00. (INEI, 2015)

En la región de La Libertad actualmente este sector se encuentra en crecimiento gracias a las empresas industriales y agroindustriales que generan gran demanda de trabajo para aquellas empresas dedicadas a este sector.

Esta demanda de trabajo requiere que las empresas que brindan servicios metalmecánicos adquieran nuevas tecnologías, haciéndose necesario que se implementen planes de mantenimiento que permitan la mejora de niveles de eficiencia y productividad, y así alentar la competitividad en el sector.

MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C, es una empresa industrial y comercial dedicada a la fabricación y mantenimiento de piezas y elementos mecánicos a base de metal, además de brindar servicios generales a las empresas industriales del sector.

La empresa cuenta con un stock de equipos y maquinaria que le permiten realizar diferentes trabajos de producción y montaje de elementos y estructuras metal-mecánicas dentro del taller de la empresa y también en el lugar de la empresa que requiere sus servicios.

Estos equipos se encuentran en continuo funcionamiento, haciéndose indispensable evitar en lo más mínimo la ocurrencia de fallas que produzcan paradas indeterminadas en el proceso de trabajo ya que eso genera considerables pérdidas y una disminución en la calidad de servicio brindado por la empresa.

Esta empresa no cuenta con un plan de mantenimiento que permita realizar inspecciones y revisiones programadas a la maquinaria y equipo, generando fallas y paradas indeterminadas constantes, en algunos casos, como el del torno en el cual se producen un promedio de 5 paradas al año, que requieren mantenimiento correctivo.

Como se sabe el mantenimiento correctivo representa mayor gasto, es por eso que se hace necesario y muy importante realizar un plan de mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipos de la empresa.

Este plan de mantenimiento se realizará bajo los estándares de Gestión de activos de la norma ISO 55000 para garantizar óptimos resultados y alcanzar los objetivos del mismo ya que esta norma tiene una adecuada combinación de los costos, los riesgos que se relacionan con los activos, el rendimiento y el estado de los activos y sistemas o grupos de activos a lo largo de todo el ciclo de vida, ofreciendo los métodos de control de los mismos.

1.2. Trabajos previos:

VARELA REYES, Salvador (2013), en su Tesis para optar el grado de ingeniero Industrial, en la Universidad Tecnológica de Querétaro (Querétaro-México), titulada: "Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa RETESA S.A. DE C.V." tuvo el objetivo aumentar la efectividad en la productividad, evitando en lo posible las paradas innecesarias de los equipos o maquinaria y la incidencia de fallas de los mismos, al área responsable de mantenimiento. Se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo por el cual se logró mejorar los indicadores de gestión de equipos como el la disponibilidad total y el tiempo medio entre fallas, gracias a los reportes, que se realizaron cada mes en donde se vió reflejada una disminución del 35% de paradas innecesarios de los equipos y maquinaria aumentando así la confiabilidad y disponibilidad estos. Además, se logró reducir el consumo de gas en un 21% mensualmente, en comparación al año anterior, consiguiendo disminuir los costos en la producción. Concluyendo que se logra reducir gastos innecesarios por piezas dañadas, además de alargar la vida útil de las mismas.

GARCÍA, Juan y VELÁSQUEZ, José (2007), en su Trabajo para optar el grado ingenieros mecánicos, en la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (San Salvador-El Salvador), titulada: "Plan de Mantenimiento preventivo para PROACES.", cuyo objetivo fue realizar una propuesta para administrar y gestionar el mantenimiento preventivo para la planta regeneradora de ácidos y para la línea de decapado de PROACES. Se realizó un diagnóstico y se planteó el uso de Listas de control mediante un proceso jerárquico analítico aplicando un programa de mantenimiento controlado, por lo cual se logró incrementar la disponibilidad de los equipos, aumentando el tiempo de producción de los activos físicos en un 18.3 % y en consecuencia generando una producción eficiente. Llegando a la conclusión de que un programa de mantenimiento correctamente diseñado debe estar basado en catálogos y recomendaciones del fabricante, manuales técnicos y de mantenimiento y otras referencias confiables, con el fin de disminuir las actividades de mantenimiento correctivo y así asegurar la funcionalidad y disponibilidad de los

equipos, para así poder obtener productos que cumplan con los estándares y niveles de calidad requeridos por la industria a nivel internacional.

SIERRA ÁLVAREZ, Gabriel (2004), en su Tesis para optar el grado de ingeniero Mecánico, en la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga-Colombia), titulada: “Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AM S.A.”, tuvo como objetivo aumentar la confiabilidad operacional y disponibilidad de los equipos que operan en la planta de producción, de forma eficiente y con seguridad, para poder cumplir con la política y estándares de calidad determinados por la empresa. Para lo cual se creó y realizó un manual actividades de gestión de mantenimiento en base a la norma ISO 9000-2000 y se elaboraron rutas de inspección a los diferentes equipos y órdenes de trabajo para la corrección de fallas. Se obtuvo una mejor eficiencia de las maquinarias de la empresa través del indicador de disponibilidad de las máquinas, lo que permitió a la empresa competir con otras empresas del sector a nivel Nacional en concordancia a los estándares de calidad de dicha norma y las necesidades de la empresa

CÁRDENAS PERALTA, Patricio (2014), en su Tesis para optar el grado de ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca (Cuenca-Ecuador), titulada: “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los laboratorios de Metalmecánica del SECAP y Propuesta de distribución de maquinaria”, cuyo objetivo fue Diseñar un programa de mantenimiento preventivo para los laboratorios Metalmecánicos del SECAP y proponer un modelo de distribución y organización de maquinaria. Se elaboró y ejecutó un plan de acuerdo a cada área y sub-área de la empresa, manejando acciones independientes y específicas en cada equipo según el área y fecha programada. Se concluyó que es muy importante priorizar dentro de la empresa la gestión de mantenimiento, ya que es la mejor manera de conseguir que la maquinaria y equipos estén en óptimas condiciones de uso.

VALENCIA VANEGAS, Sergio (2014), en su Tesis para optar el grado de ingeniero Industrial, en la Universidad de San Buenaventura Medellín (Medellín-Colombia), titulada: “Simulación de un Proceso Metalmecánico para identificar Acciones de mejora aplicando la Metodología de Mantenimiento Productivo Total”, cuyo objetivo fue diseñar estrategias de mejoramiento en un proceso metalmecánico, a través de un estudio de simulación, aplicando herramientas de mantenimiento productivo total. Se construyó y simuló el modelo del proceso metalmecánico, aplicando herramientas de mantenimiento productivo total que permitieron definir estrategias que aporten al mejoramiento del proceso, alcanzando una disponibilidad promedio de 95% de disponibilidad de las máquinas que intervienen en el proceso productivo. Se concluyó que la aplicación de metodologías de simulación unificadas con herramientas de mantenimiento productivo total nos permite obtener resultados a corto plazo y verificar si el modelo de proceso es el más conveniente o no para así poder mejorarlo.

1.3. Teorías relacionadas al tema:

1.3.1. Mantenimiento

Según GARCÍA, Santiago (2003), denomina al mantenimiento como un conjunto de acciones cuyo objetivo es mantener o restaurar un equipo a una condición en la cual cumpla la función que se le requiere o las que venía desempeñando hasta que se averió, en caso que haya presentado alguna falla haciendo necesario que se le brinde el respectivo mantenimiento para reparar la falla

“Estas actividades abarcan la unión de las actividades administrativas y técnicas correspondientes” (García, 2003).

Para DIAZ, Juan (2004), se conoce como mantenimiento a las actividades encomendadas a controlar las condiciones de alguna instalación, equipo o máquina de todo tipo, tanto las productivas como las de servicios. Se puede expresar al mantenimiento como el conjunto de actividades necesarias para mantener o restaurar un sistema a una

condición que asegure su funcionamiento al menor costo, de acuerdo con la anterior definición se deducen distintas acciones:

- ✓ Evitar y reparar averías
- ✓ Evaluar la condición de las instalaciones
- ✓ Costos de mantenimiento

Para aplicar el mantenimiento adecuadamente se debe tomar como punto de partida las especificaciones técnicas y documentación suministrada por el fabricante, continuar con su recepción, aplicación y adaptación; estas acciones sirven para determinar y documentar la condición o estado de los equipos, maquinaria o instalaciones al momento de evaluar. A esa condición nos referimos durante la vida útil de la máquina siempre que evaluemos de su rendimiento, desempeño y demás características

Plan de Mantenimiento:

JARAMILLO, Orlando (2013), define al plan de mantenimiento como el componente en una estructura de gestión de activos que determina actividades programadas de mantenimiento a aplicar a los activos, con el objetivo de aumentar la eficiencia de los mismos, con acciones necesarias y en su debido momento, y determinar las frecuencias y variables que se van a controlar, disponibilidad presupuesto y recursos, así como los métodos para cada actividad.

Para DUFFUA, S. y Otros (2000), la planeación o planificación en el contexto del mantenimiento, se refiere al proceso por el cual se determinan, especifican y realizan todos los elementos requeridos para llevar a cabo una tarea antes de iniciar el trabajo con el objetivo de facilitar la ejecución del mismo.

GARCÍA, Santiago (2003), dice que un programa de mantenimiento son el conjunto de todos los tipos de mantenimiento diseñados para

mantener una instalación, equipo o sistema. En este programa se encuentran todas y cada una de las actividades necesarias para evitar o prevenir las principales fallas que pueden presentar la instalación o sistema. Es muy importante comprender bien esas dos definiciones: que el programa de mantenimiento es un grupo de actividades de mantenimiento agrupados en gamas, que tienen por objetivo evitar o disminuir las fallas o averías en la instalación, equipo o sistema.

Norma ISO 55000

Esta Norma Internacional brinda los lineamientos generales para gestionar y administrar los activos.

La participación internacional de en la elaboración de estas normas identificó diferentes prácticas y actividades comunes que se pueden aplicar a cualquier activo, sistema o instalación.

La implementación de esta Norma Internacional ayuda a la organización a lograr sus objetivos mediante la eficiencia y eficacia al gestionar sus activos. Si se adopta y aplica un sistema de control y gestión de los activos de la organización, se asegurará que los objetivos de la empresa se alcancen y se mantengan consistente y sosteniblemente en el tiempo. (ISO ORG., 2014)

Beneficios de la gestión de activos

La adopción de las Normas ISO 55001, ISO 55002 y de esta Norma Internacional permite a la organización alcanzar sus objetivos a través de la gestión eficaz y eficiente de sus activos. La aplicación de un sistema de gestión de activos proporciona el aseguramiento de que dichos objetivos se pueden alcanzar de manera consistente y sostenible con el paso del tiempo. Sus beneficios son:

- **Mejora del desempeño financiero:** puede alcanzarse una mejora del retorno sobre la inversión y la reducción de costos, mientras se preserva el valor de los activos sin sacrificar el logro de los objetivos organizacionales de corto o largo plazo.

- **Decisiones de inversión en activos basadas en información:** permite a la organización mejorar la toma de decisiones y un eficaz balance de costos, riesgos, oportunidades y desempeño.
- **Riesgo gestionado:** la reducción de pérdidas financieras, la mejora de la salud y la seguridad, la imagen y la reputación, la minimización del impacto social y ambiental, pueden resultar en una reducción de las obligaciones tales como primas de seguro, multas y sanciones.
- **Mejoras en resultados y servicios:** asegurar el desempeño de los activos puede conducir a la mejora de servicios y resultados mejorados que consistentemente alcancen o superen las expectativas de los clientes y partes interesadas.
- **Responsabilidad social demostrada:** la mejora en la capacidad de la organización para, por ejemplo, reducir las emisiones, conservar los recursos y adaptarse al cambio climático le permite demostrar prácticas de negocio y administración éticas y socialmente responsables
- **Demostración de cumplimiento:** ajustarse en forma transparente a los requisitos legales, estatutarios y regulatorios, así como apegarse a procesos, políticas y normas de gestión de activos, que pueda permitir la demostración de cumplimiento;
- **Mejora de la reputación:** a partir de la mejora en la satisfacción del cliente, la conciencia y la confianza de las partes interesadas;
- **Mejora de la sostenibilidad organizacional:** la gestión eficaz de efectos de corto y largo plazo, los gastos y el desempeño, pueden mejorar la sostenibilidad de las operaciones y de la organización;
- **Mejora de la eficiencia y la eficacia:** la revisión y mejora de los procesos, los procedimientos y el desempeño de los activos puede mejorar la eficiencia y la eficacia y el logro de los objetivos organizacionales. (ISO ORG., 2014)

Fundamentos

La norma se basa en un conjunto de fundamentos.

- a) Valor:** Los activos existen para proporcionar valor a la organización y a sus partes interesadas.

La gestión de activos no se enfoca en el activo en sí mismo, sino en el valor que el activo puede proporcionar a la organización. El valor (que puede ser tangible o intangible, financiero o no- financiero) será determinado por la organización y sus partes interesadas, de acuerdo con los objetivos organizacionales.

- b) Alineación:** La gestión de activos traduce los objetivos organizacionales en decisiones, planes y actividades técnicas y financieras.

Las decisiones de gestión de activos (técnicas, financieras y operacionales) permiten colectivamente el logro de los objetivos organizacionales.

- C) Liderazgo:** El liderazgo y el compromiso de todos los niveles gerenciales es esencial para establecer, operar y mejorar exitosamente la gestión de activos dentro de la organización.

- D) Aseguramiento:** La necesidad de aseguramiento surge de la necesidad de gobernar eficazmente una organización. El aseguramiento se aplica a los activos, a la gestión de activos y al sistema de gestión de activos. (ISO ORG., 2014)

Lista de equipos

GARCÍA, Santiago (2003), manifiesta que el principal problema para realizar un análisis de la maquinaria y/o equipos es que no se realiza una lista estructurada y ordenada de los mismos. Elaborar un inventario que detalle los equipos que se encuentran en la planta es más complicado de lo que se espera en primer momento.

Si deseamos realizar una lista de equipos que sea útil y práctica, se debe expresar esta lista jerárquicamente, donde se indique las relaciones de vinculación entre todos y cada uno de los ítems.

Para elaborar una estructura jerárquica en una planta industrial podemos diferenciar los siguientes niveles.

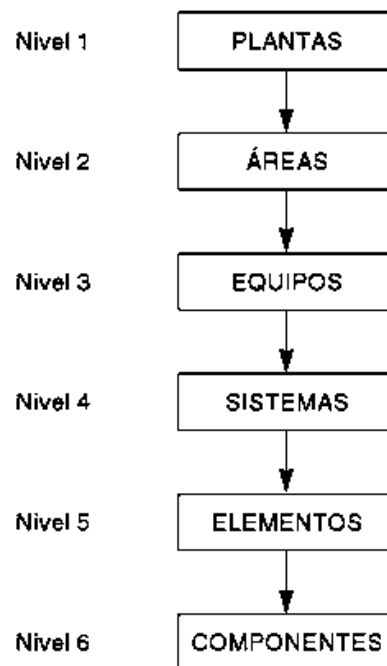


Fig. N°1: Esquema de los niveles para elaborar lista de equipos
Fuente: GARCÍA, Santiago (2003)

Codificación de equipos

Según GARCÍA, Santiago (2003), luego de elaborar la lista de equipos es de vital importancia identificar todos y cada uno de los equipos con un código especial y distinto. Esto nos ayudará a localizarlo y

referenciarlo en órdenes de trabajo, o cualquier documento, permitiendo elaborar registros históricos de paradas y actividades de mantenimiento, permitiendo además, calcular los indicadores por cada área, sistema, instalación, etc., controlando los costos.

Existen dos opciones al momento de codificar:

- Sistemas de codificación no significativos: estos sistemas asignan un código o número a cada equipo, pero no proporciona otra información extra al número.
- Sistemas de codificación significativos o inteligentes: en estos sistemas el código que se le asigna al equipo nos brinda información acerca del mismo.

Una vez elaborado el inventario de equipos, y tomando en cuenta las referencias anteriores, ya se puede empezar a codificar los equipos estableciendo los criterios que regirán la codificación.

Análisis de criticidad

Según RICALDI, Melisa (2013), criticidad es una técnica que permite ordenar y darle prioridad jerárquicamente a los ítems, con el objetivo de simplificar la toma de decisiones al momento de centrar los esfuerzos y recursos en donde sea más vital e importante mejorar la confiabilidad y calidad operacional.

Según GARCÍA, Santiago (2003), todos los activos o equipos no son igual de importantes en una planta o instalación industrial. Es sabido, que algunos son más críticos e importantes que otros. Debido a que existe límite en los recursos de una empresa para sostener sus instalaciones o activos, se debe designar la mayor parte de recursos a los equipos con mayor importancia e incidencia en el proceso productivo, derivando menor cantidad de recursos a los equipos que tienen menor influencia en los resultados obtenidos por la empresa.

Al momento de diferenciar los equipos con mayor y menor influencia en los resultados estamos analizando la criticidad de los equipos

existentes en la planta.. Debemos primero distinguir la importancia de los equipos o su criticidad según algunos niveles.

a) Equipos críticos: Son los equipos que al fallar o tener una parada en su funcionamiento tienen un efecto severo en los resultados obtenidos por la empresa

b) Equipos importantes: Estos equipos al presentar averías o un funcionamiento deficiente afectan a la empresa, pero sus efectos se pueden asumir

c) Equipos prescindibles: vienen a ser los equipos con poca influencia en los resultados de la empresa. Como máximo, representarán un pequeño cambio o efecto de poca magnitud en el proceso, o un costo extra que se puede obviar o asumir.

Como alternativa, algunas empresas optan por incorporar otra categoría extra: los equipos sumamente críticos.

Observemos, qué aspectos podemos usar para agrupar y distinguir todos y cada equipo en alguna de los niveles o categorías mencionadas anteriormente.

Tenemos que tener en cuenta la influencia que una avería tiene en los siguientes aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

- Producción: Cuando queremos valorar la influencia de un equipo sobre la producción, nos cuestionamos en qué medida la avería, falla o parada afecta en esta. Depende de cómo afecte en la producción, ya sea una parada total en el proceso productivo, una para de sólo una zona d la producción o parada de algún equipo productivo, pero con pérdidas que se puedan asumir, procederemos a clasificar el equipo como A, B o C.

- Calidad: El equipo puede influenciar de sobremanera en la calidad del producto final, puede influir relativamente que no sea recurrente o puede no tener influencia en la calidad del producto

- Mantenimiento: El equipo puede presentar averías caras y frecuentes; lo que lo hace un equipo crítico, o también puede ser un equipo con un

mediano costo en lo que se refiere a mantenimiento; o, por último, un equipo con muy bajo costo, que normalmente no genere problemas.

- Seguridad y medio ambiente: una avería presentada en el equipo puede conllevar a un accidente grave o fatal, tanto para el ambiente como el operario o personas en contacto con el equipo; puede que la probabilidad de presentar averías con efectos o accidentes sea baja, o también puede que el equipo no tenga efecto o influencia alguna en lo que respecta a seguridad

Tabla Nº1: Tabla de valoración de criticidad de un equipo.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consume una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Fuente: GARCÍA, Santiago (2003)

Luego de haber identificado que máquinas son críticas y cuáles son importantes e prescindibles se tendrá que ver qué tipo de mantenimiento se le va a aplicar, ya sea preventivo, predictivo o correctivo

Indicadores de mantenimiento

NAVARRETE, Enrique y HERNÁNDEZ, Eugenio (2001), manifiestan que un indicador es un valor numérico que proporciona los datos o información sobre un factor crítico reconocido en la empresa u organización, en los procesos o en las personas en cuanto a las lo que se espera o a la percepción que los clientes tienen en cuanto a calidad, costos y plazos.

Debemos definir y establecer cuáles son esos indicadores. Debemos ser meticulosos en la selección, ya que nos enfrentamos al riesgo de usar como indicadores algunos valores que no nos proporcionen ningún dato o información útil. Pude que corramos el riesgo de tomar y procesar datos y obtener información diferente a lo que necesitamos.

Algunos indicadores como indica GARCÍA, Santiago (2003), son los siguientes:

Indicadores de gestión de equipos: Nos indica el nivel de rendimiento o eficacia de las máquinas.

- **Tiempo Promedio para Fallar o Mean Time To Fail (TPPF- MTTF):** este indicador calcula el tiempo en promedio que un equipo puede operar a su mejor capacidad o rendimiento sin presentar interrupciones en el periodo de trabajo que se le asigna. Este indicador compone indirectamente a la confiabilidad del equipo. También es denominado Tiempo promedio hasta fallar.

$$MTTF = \text{Horas operadas} / N^{\circ} \text{ de fallas} \quad (1)$$

- **Tiempo Promedio para Reparar o Mean Time To Repair (TPPR- MTTR):** mide el tiempo que toma la reparación de una falla en un equipo o sistema. Este indicador calcula la eficiencia que se tiene en restaurar el equipo a sus óptimas condiciones de funcionamiento una

vez que el equipo se encuentre fuera de funcionamiento por una falla, en un lapso de tiempo determinado.

$$MTTR = N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería} / N^{\circ} \text{ de averías} \quad (2)$$

- **Tiempo Promedio Entre Falla o Mean Time Between Fail (TPEF-MTBF):** Es un indicador que representa el tiempo promedio que un equipo opera sin presentar averías, expresado de otra manera, viene a ser el tiempo que existe entre una y otra falla

Disponibilidad:

Indica el tiempo en que un equipo, máquina, o sistema opera, este tiempo es menor al que se hace referencia idealmente.

$$D = [(TPPF - TPPR) / TPPF] \quad (3)$$

Donde TPPF es Tiempo Promedio para Reparar, y TPPF es Tiempo promedio para fallar.

Confiabilidad:

Es la posibilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado.

$$Co = e^{-\lambda t} \quad (4)$$

Dónde λ es la tasa de fallas (número total de fallas por período de operación). Y se calcula ($\lambda = 1/\text{MTBF}$).

Mantenibilidad:

Es la característica intrínseca que posee un elemento, relacionada a la capacidad que tiene de ser restaurado para sus funciones luego de que se le hayan aplicado las actividades de mantenimiento requeridas

en cuanto a condiciones determinadas, con medios adecuados, la cual restaura nuevamente a la función para la cual fue diseñado.

$$M(t) = 1 - e^{-(\mu t)} \quad (5)$$

Dónde μ es parámetro que hace posible que podamos evaluar la posibilidad que posee un elemento para ser reparado.

$$(\mu = 1/TPPR) \quad (6)$$

Costos del mantenimiento:

Según el Manual de mantenimiento, SENA define el costo de mantenimiento como el costo de las reparaciones que se le efectuará a la maquinaria a lo largo de su vida útil, independientemente sea buena o no la gestión de mantenimiento que tengamos, siempre será un gasto que debemos tener en consideración. Por ese motivo es que se busca siempre que éste costo debe ser lo más bajo posible

El principal objetivo de la gestión de costos es optimizar o disminuir el uso de recursos, y minimizar tiempos de paradas

Los costos de mantenimiento son necesarios para analizar los resultados obtenidos por una organización de mantenimiento y para comparar la inversión con los resultados operativos de la empresa.

Disponibilidad operacional

Según GONZALES, Francisco (2003), es la posibilidad, de garantizar un servicio asignado en el tiempo. Hay autores que definen la disponibilidad como el porcentaje de equipos o sistemas útiles en un periodo de tiempo o momento, dependiendo de su función frente al stock total de equipos o sistemas. Además, hay que analizar la disponibilidad teniendo en cuenta o no el mantenimiento preventivo o mejor dicho, las paralizaciones ocasionadas por dicho preventivo como veremos posteriormente.

Con las definiciones anteriores definimos la disponibilidad como la cantidad o porcentaje de equipos o sistemas disponibles en un momento determinado frente a la totalidad de equipos de la empresa.



Fig. N°2: Esquema de los indicadores de mantenimiento de un producto

Fuente: GONZALES, Francisco (2003)

Para CÁRCEL, Javier (2014) , el principal objetivo de un programa de mantenimiento es lograr la efectividad en la disponibilidad de los equipos de la planta. Para esto se necesita:

- ✓ Lograr el nivel de disponibilidad requerida en equipos e instalaciones.
- ✓ Lograrlo con el costo mínimo.
- ✓ Estimar las necesidades y capacidades técnicas que poseen equipos y la instalación. Estos datos nos servirán para determinar las actividades y coordinaciones necesarias de operación
- ✓ Distinguir las causas o factores que no permiten que el sistema alcance los niveles de disponibilidad requeridos.
- ✓ Plantar actividades eficientes orientadas a lograr los niveles de disponibilidad que se deseen.
- ✓ Establecer y evaluar las técnicas y procedimientos destinados a restaurar los equipos a su condición óptima o inicial d

funcionamiento.

- ✓ Llevar el control de la correcta aplicación de los procedimientos y técnicas, y en general ,de todas las actividades de mantenimiento.
- ✓ Sugerir actividades para mejorar la disponibilidad continuamente y sus correspondientes causas.
- ✓ Constituir la actividades y las funciones del mantenimiento con las demás funciones intervinientes o que afectan en el ciclo vital del equipo o sistema, estudiando su esperanza de vida y la rentabilidad que se genera a través de éstas.

Debido a que las actividades de mantenimiento tienen como fin lograr de forma eficiente incrementar los valores requeridos y esperados de disponibilidad, es necesario entender la definición de disponibilidad, cómo se la plantea actualmente y los factores que inciden en ella.

El conocimiento sobre la disponibilidad de equipos e instalaciones de la planta industrial resulta comúnmente, insuficiente, impreciso tomado en cuenta muy poco y los esfuerzos orientados a solucionar estos factores, tienen que desarrollar si se pretende es lograr aumentar la disponibilidad a bajo costo, que es el legítimo objetivo del mantenimiento industrial.

1.3.2. Equipos y Maquinaria:

✓ Máquina de soldar por arco eléctrico

Herramienta que sirve para unir dos elementos en forma sólida. Su finalidad o aplicación principal es calentar las piezas para provocar una unión entre ellas generando mayor resistencia al ejercer alguna fuerza entre estas o sobre estas.



Fig. N°3: Máquina de soldar por arco eléctrico

✓ Máquina de soldar MIG

La soldadura MIG/MAG (Metal Inert Gas o Metal Active Gas, dependiendo del gas que se inyecte) es además conocida como GMAW (Gas Metal Arc Welding o «soldadura a gas y arco metálico») es un procedimiento de soldadura por arco bajo la protección de un gas con un electrodo o metal de aporte consumible. El arco es producido por un electrodo en forma de hilo continuo y los elementos a soldar, obteniendo protección de la atmósfera de alrededor de un gas inerte o un gas activo.



Fig. N°4: Máquina de soldar MIG.

✓ Torno

El torno es una máquina-herramienta que realiza el torneado de piezas y se utiliza mayormente para operaciones de torneado rápido de metales, madera y plástico y para pulimento. Permite mecanizar (dar forma) piezas de forma geométrica por revolución (cilindros, conos, hélices).



Fig. N°5: Torno de bancada 3m y volteo 23".

✓ **Cepillo**

El cepillo es una máquina-herramienta utilizada para mecanizar piezas mediante el arranque de viruta, accionada por un movimiento lineal de la herramienta de corte. La mesa encargada de sujetar a la pieza que se va a mecanizar puede realizar un movimiento transversal y vertical recurrente, realizando diferentes trabajos como el de originar superficies planas o de ranuras paralelas y a igual distancia.



Fig. N°6: Cepillo

✓ **Taladro radial**

El taladro radial es una herramienta muy versátil que ofrece una amplia gama de posibilidades. Es especialmente idóneo para perforar objetos de gran tamaño. A diferencia del taladro de columna o pedestal, la distancia entre el husillo y la columna puede ser manejada por el operador. Del mismo modo, el brazo que sujeta el cabezal puede girar con cierto ángulo de restricción alrededor de la misma columna.



Fig. N°7: Taladro radial

✓ **Compresora de aire**

Una compresora de aire es una máquina fabricada para almacenar, aumentar la presión y desplegar algunos fluidos que son compresibles, tales como vapores y gases.



Fig. N°8: Compresora de aire 15 HP.

1.3.3. Programa de Simulación PROMODEL

ProModel es uno de los paquetes para simulación más usados en el mercado. Cuenta con herramientas de análisis y diseño que, unidas a la animación de los modelos bajo estudio, permiten al analista conocer más el problema y alcanzar resultados más confiables respecto de las decisiones a tomar.

Básicamente, este producto se enfoca a procesos de fabricación de uno o varios productos, líneas de ensamble y transformación, operaciones de servicio y mantenimiento, entre otros.

Para usar este software es necesario contar con una orientación básica, donde la programación de tareas y funciones cuenta con la ventaja de poseer un lenguaje de programación sencillo y fácil de entender para el usuario. Mediante el modelado de la interfaz gráfica, la construcción del modelo es rápida y simple; donde el primer paso parte de definir el funcionamiento particular del sistema por medio de la operación lógica y el flujo de elementos que fluyen por dicho sistema; el software realiza la detección automática de los errores de lógica y coherencia a fin de garantizar que el modelo este completo antes de ejecutar la simulación.

Con ProModel se puede predefinir las utas de las entidades que van a realizar el trabajo, y además asignarles un tiempo de operación por proceso, lo que hace mucho más amigable la construcción del modelo.

La construcción del modelo pasará por 4 comandos provenientes del Menú *Construir* del programa: Locaciones, Entidades, Procesamiento, Llegadas. (GARCÍA DUNNA, Eduardo, GARCIA REYES, Heriberto y CÁRDENAS BARRÓN, Leopoldo, 2006)

1.4. Formulación del problema

¿En qué medida mejorará la disponibilidad operacional de las máquinas y/o equipos de la empresa MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C., mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la norma ISO 55000?

1.5. Justificación del estudio

Esta investigación es relevante en los siguientes aspectos:

1.5.1. Técnica:

El mantenimiento que se viene realizando hasta la actualidad en los equipos, maquinaria e instalaciones de la empresa, no ha sido el más conveniente conforme a los recursos de la empresa, esto a causa de que no existe ninguna distinción entre las actividades de mantenimiento aplicadas a los diferentes equipos, puesto que las labores de mantenimiento son netamente correctivas, aplicándose solo en caso de falla o parada del equipo o maquinaria.

Además, el mantenimiento que se da actualmente a los equipos y máquinas de la empresa no está caracterizada por la continua búsqueda de acciones orientadas a prevenir, eliminar o minimizar la incidencia de averías antes de que ocurran, es decir se encuentra en una etapa muy previa de llegar a ser mantenimiento preventivo.

1.5.2. Metodológica:

El presente plan propone una metodología que sirve como punto de partida para futuros diseños ya que se basa en estándares de normas internacionales como es la ISO 55000.

1.5.3. Económica:

Esta investigación evitará que la empresa incurra en gastos por labores de mantenimiento correctivo lo que generará grandes ahorros debido a que se mejorará la disponibilidad de la maquinaria y equipos disminuyendo las fallas y paradas.

1.6. Hipótesis:

Mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo se mejorará la disponibilidad de las maquinarias y equipos de la empresa MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C. porque se determinarán tareas y actividades orientadas a mantener y controlar el correcto y constante funcionamiento de los equipos y maquinaria de la empresa.

1.7. Objetivos:

1.7.1 Objetivo General:

Elaborar y simular un plan de mantenimiento preventivo con el fin de incrementar la disponibilidad operacional de las máquinas y equipos, evitando en lo posible las fallas y paradas de éstos durante el proceso de producción.

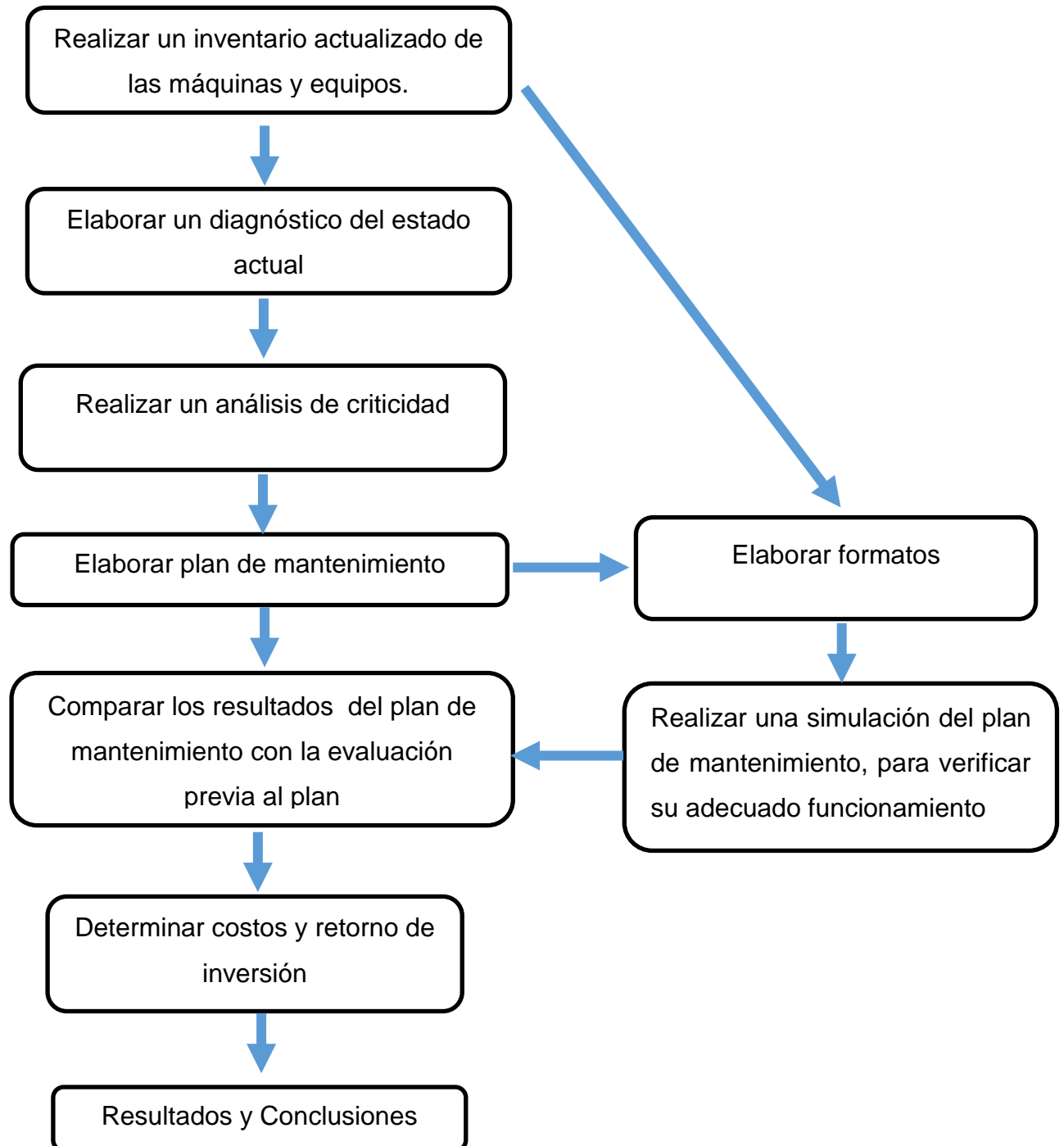
1.7.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Realizar un inventario actualizado de las máquinas y equipos de la empresa MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C.
- ✓ Elaborar una evaluación del estado actual de la maquinaria y equipos de la empresa.
- ✓ Realizar un análisis de criticidad de la maquinaria y equipos de la empresa.
- ✓ Elaborar un plan de mantenimiento de acuerdo a las necesidades de la empresa basado en la Norma ISO 55000.
- ✓ Elaborar formatos de mantenimiento necesarios para la ejecución y control del programa de mantenimiento.
- ✓ Realizar una simulación de aplicación del plan de mantenimiento.
- ✓ Comparación de los indicadores de mantenimiento finales con los indicadores previos al plan de mantenimiento.
- ✓ Evaluar y determinar costo total de mantenimiento y ROI.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Esta investigación es de tipo Pre – Experimental.



2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Variables Independientes:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

2.2.2. Variables Dependientes:

- ✓ DISPONIBILIDAD DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO
- ✓ COSTOS

Variables	D. Conceptual	D. Operacional	Indicadores	Escala de medición
Plan de mantenimiento preventivo (Independiente)	Es elemento en un modelo de gestión de activos que define los programas de mantenimiento a realizar a los activos (actividades periódicas preventivas, predictivas y detectivas), con los objetivos de mejorar la efectividad de los mismos, con tareas necesarias y en su debido momento, y definir las frecuencias, las variables a controlar, el presupuesto, disponibilidad de recursos y los procedimientos para cada actividad.	Se realizarán entrevistas a los trabajadores con el fin de evaluar los indicadores de mantenimiento.	Horas de Trabajo Horas Paradas Horas de Mantenimiento Diagnóstico o Supervisión del Plan	Cuantitativa de Razón Cualitativa Ordinal
Disponibilidad de la maquinaria y equipo (Dependiente)	Característica de un equipo de instalación, línea de fabricación, que expresa su habilidad para operar sin problemas	Se evaluará mediante el registro de fallas y el diagnóstico antes y después de aplicar el plan de mantenimiento	MTBF: media de tiempo de buen funcionamiento (horas). MTTR: Media de tiempo de técnicas de reparación	Razón

Costos	Gasto económico que representa mantener o fabricar un producto o la prestación de un servicio	Costos de mantenimiento correctivo	-Insumos -Mano de obra -Pago a terceros	Intervalo
---------------	---	------------------------------------	---	-----------

2.3. Población y muestra:

Población: Máquinas Y equipos de las empresas metalmecánicas de Trujillo.

Muestra: Máquinas y equipos de la empresa MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C. (23 Máquinas)

Criterio de inclusión en la muestra: que los equipos se encuentren en el taller.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica de recolección de datos	Instrumento de recolección de datos
Observación	Ficha de registro
Entrevista	Ficha de entrevista

Observación

Mediante la observación directa se podrá visualizar el área de trabajo y las condiciones actuales de funcionamiento de los equipos y maquinaria de la empresa.

Entrevista con el personal

Mediante la entrevista al personal operario de los equipos y maquinarias se podrá extraer información de las condiciones de trabajo de las mismas, así como conocer los problemas y fallas frecuentes que interrumpen su funcionamiento; para elaborar el plan de mantenimiento.

2.5. Métodos de análisis de datos

Se procesará la información obtenida mediante la ficha de registro y la ficha de entrevista que serán analizadas a través de tablas y figuras de estadísticas descriptivas.

Se empezará por tomar datos y evaluando el estado actual de los equipos y máquinas a aplicar el plan, contando con la colaboración e información brindada por el personal de la empresa, ya que es el personal operativo quien está en constante interacción con los equipos y conocen cuando y en qué circunstancias se producen las fallas.

Se procesará esta información mediante formatos, determinando las acciones necesarias para aplicar el plan y lograr la disponibilidad esperada.

III. RESULTADOS

3.1. Inventario de Máquinas y equipos

En el siguiente cuadro se muestra el inventario detallado de la maquinaria y equipo de la empresa

Tabla. N°2: Inventario de la maquinaria y equipo de la empresa MAZ

 INVENTARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS			
Nombre	MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS S.A.C.		
Dirección	Mz. 33 Lot 7-8-9-10, Sector Villa Industrial - El Milagro - Huanchaco		
Teléfono	949 517 582		
Representante	Ing. Mario Eduardo Azañero Díaz		
RUC	20482623680		
Teléfono	945378819		
Total de artículos	23		
Artículo	Marca	Modelo	Nº Identificación / Serie /Código / Referencia
Soldadora MIG	SOLDAMAX	HG MIG 500	MAZ - SOLD 01
Soldadora MIG/TIG/SMAW	SOLANDINAS	RS-550 CC/CV	MAZ - SOLD 02
Soldadoras Arco Eléctrico	SOLANDINAS	R-440 DC	MAZ - SOLD 03
Soldadoras Arco Eléctrico	INDURA	250 AC/DC	MAZ - SOLD 04
Torno	GURUTZPE	M1	MAZ - TOR
Cepillo de codo	KLOPP	1000	MAZ - CEP
Taladro radial industrial	Z-J	Z3032X10(I)	MAZ - TLDR
Taladro vertical	KAILI	TB5120X	MAZ - TLDV
Cierra de vaivén	UNIZ	U14"	MAZ - CVVN
Compresora de 15 HP	SCHULZ	CC14SF	MAZ - COMP 1
Compresora de 2 HP	HYUNDAI	78HYAC24D	MAZ - COMP 2
Amoladora 4"	BLACK & DECKER	G720-AR	MAZ - AMD 1
Amoladora 7"	BOSH	GWS 7-115	MAZ - AMD 2
Amoladora 7"	CROWN	CT3500-180	MAZ - AMD 3
Amoladora 9"	DeWalt	DWE4579	MAZ - AMD 4
Amoladora 9"	BOSH	GWS 9-115	MAZ - AMD 5
Taladro Manual	BOSH	Gsb 21-2 Rct	MAZ - TLDM
Taladro Magnético	SAFARI	J1C-50D	MAZ - TLDMG
Equipo de oxicorte	AGA	X21	MAZ - OXC 1
Equipo de oxicorte	VICTOR	G350	MAZ - OXC 2
Tronzadora	DeWalt	D28720	MAZ - TRZ
Cortadora por plasma	STINGER	Plasma60	MAZ - PLS
Grupo Electrónico	POWER FORCE	PRO11000W	MAZ - GREL

Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

3.2. Análisis de criticidad

No es rentable aplicar un plan de mantenimiento programado a toda la maquinaria y equipo, puesto que no todos son igualmente críticos.

Para esto se realiza un análisis de criticidad mediante una matriz de frecuencia por consecuencia que permite determinar qué equipo o máquina tiene un mayor nivel de criticidad e incidencia en la empresa, el nivel de impacto o consecuencia se determinará según 4 indicadores: Impacto operacional, flexibilidad operacional, costo del mantenimiento e impacto en la seguridad

Para determinar el nivel de criticidad se evalúan los cuatro indicadores con sus respectivas ponderaciones (Véase Anexo 4, 5, 6 y 7)

De acuerdo al puntaje total obtenido por cada equipo o máquina se determina el nivel de criticidad

PUNTUACIÓN	NIVEL DE CRITICIDAD
16 - Más	CRÍTICO
11 - 15	IMPORTANTE o SEMI CRÍTICO
0 - 10	PRESCINDIBLE o NO CRÍTICO

De acuerdo a los resultados obtenidos se muestra el análisis de criticidad de la maquinaria y equipos, indicando su puntaje obtenido y nivel correspondiente

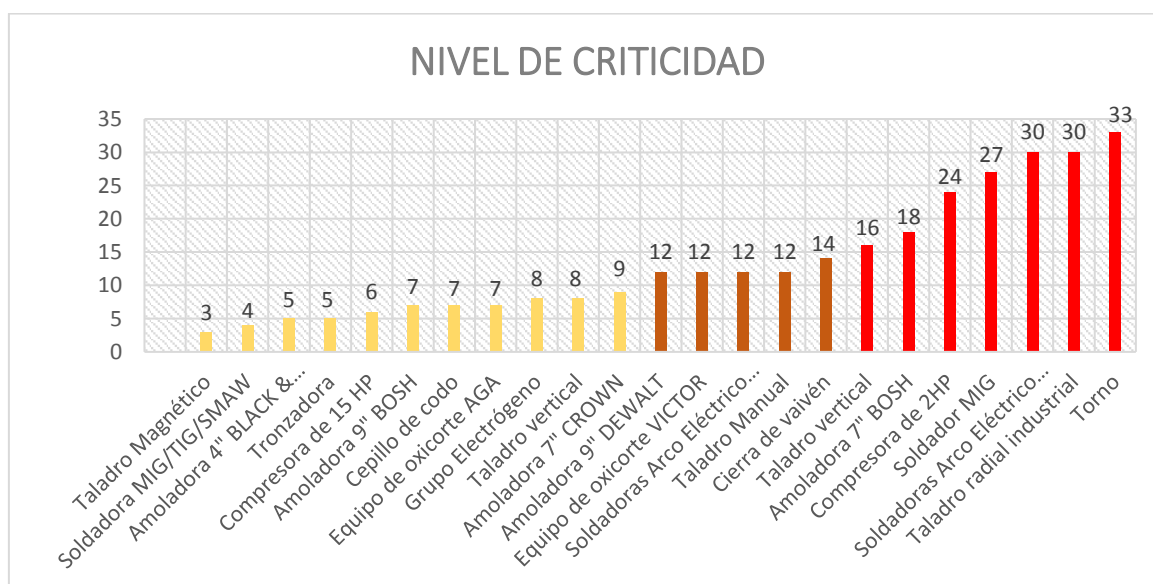


Gráfico N°31: Nivel criticidad de las maquinarias.

Fuente: Elaboración propia

3.3. Evaluación de estado actual de la maquinaria y equipo

Se evaluaron los indicadores de mantenimiento en Excel para determinar la disponibilidad operacional de la maquinaria y equipo. (Véase Anexo 2 y 3)

3.3.1. Máquina de Soldar MIG - SOLDAMAX

✓ Disponibilidad

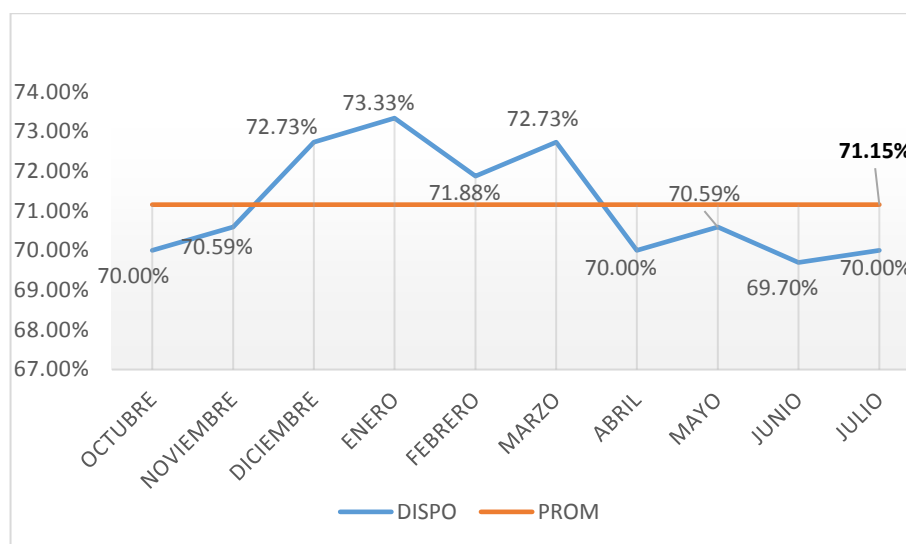
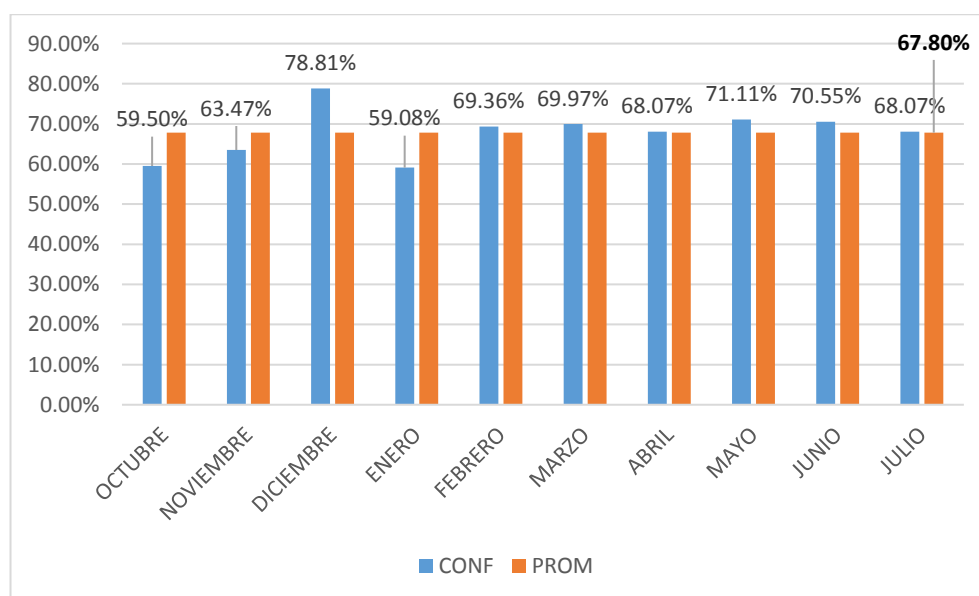


Figura N° 9: Porcentaje de disponibilidad de la soldadora MIG – SOLDAMAX.
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°9 nos brinda los porcentajes de disponibilidad de la máquina, mostrando un promedio de de 71.15%.

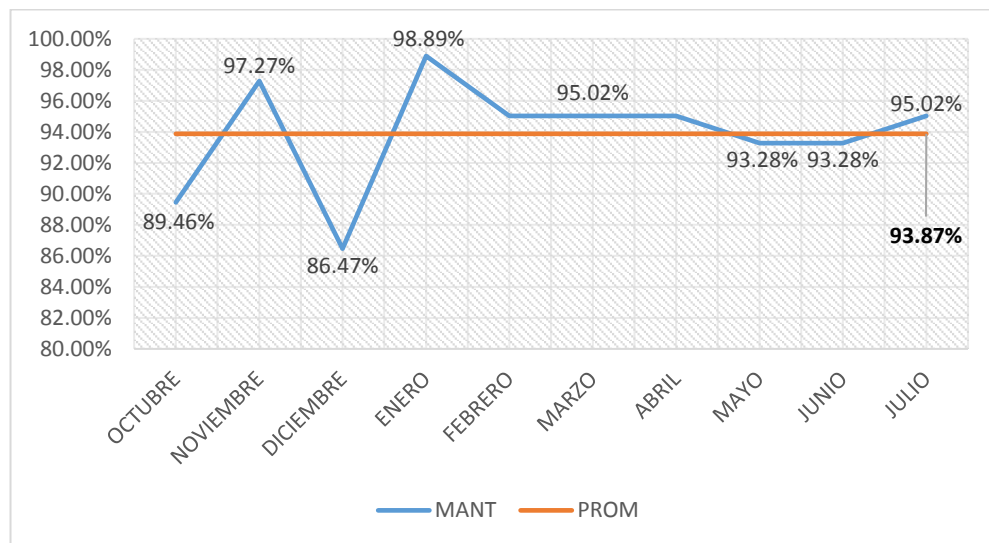
✓ Confiabilidad



*Figura N° 10: Porcentaje de confiabilidad de la soldadora MIG – SOLDAMAX.
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.*

La Figura N°10 nos brinda los porcentajes de confiabilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de confiabilidad de 67.80%, mostrando un regular nivel de la máquina frente a este indicador.

✓ **Mantenibilidad**



*Figura N° 11: Porcentaje de mantenibilidad de la soldadora MIG – SOLDAMAX.
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.*

La Figura N°11 nos brinda los porcentajes de mantenibilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de mantenibilidad de 93.87%, mostrando un nivel aceptable de la máquina frente a este indicador.

3.3.2. Torno - GURUTZPE

✓ Disponibilidad

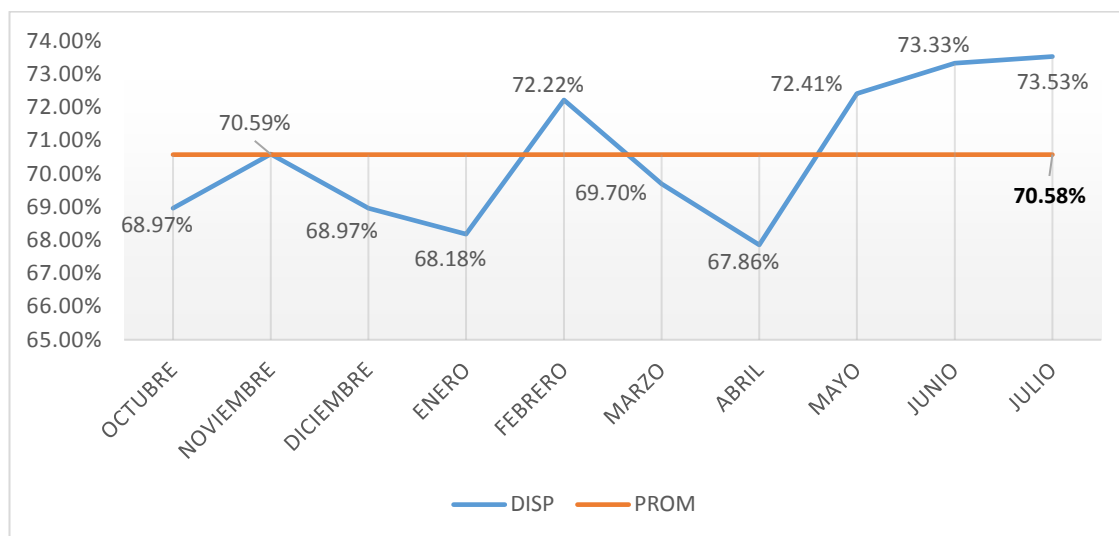


Figura N° 12: Porcentaje de disponibilidad del Torno - GURUTZPE.

Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°12 nos brinda los porcentajes de disponibilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de disponibilidad de 70.58%, evidenciando el bajo nivel de la máquina frente a este indicador.

✓ Confiabilidad

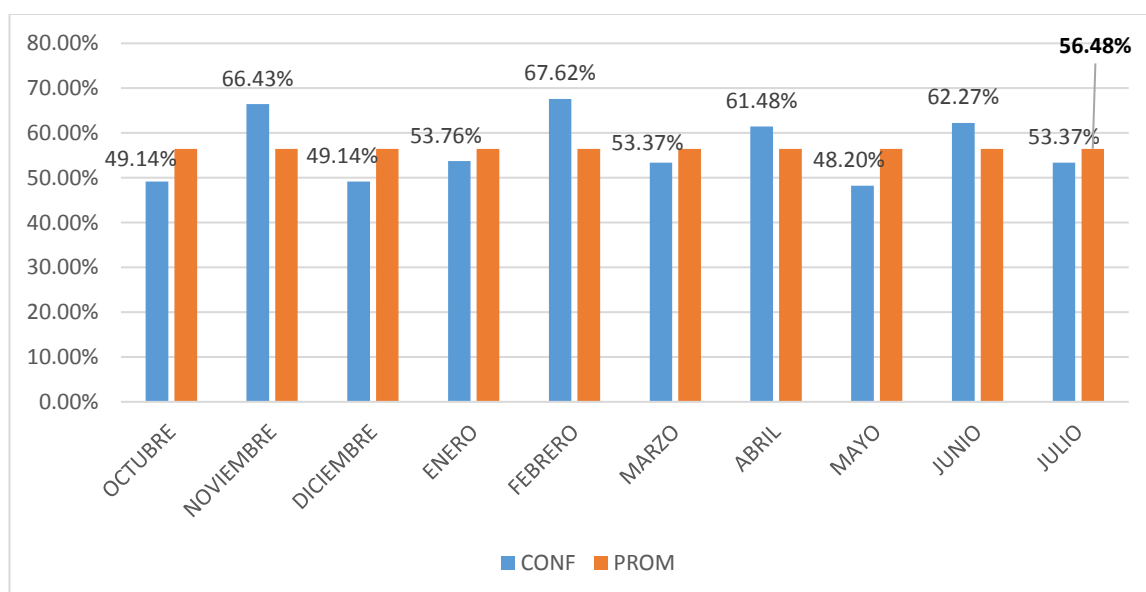


Figura N° 13: Porcentaje de confiabilidad del Torno - GURUTZPE
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°13 nos brinda los porcentajes de confiabilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de confiabilidad de 56.48%, mostrando un regular nivel de la máquina frente a este indicador.

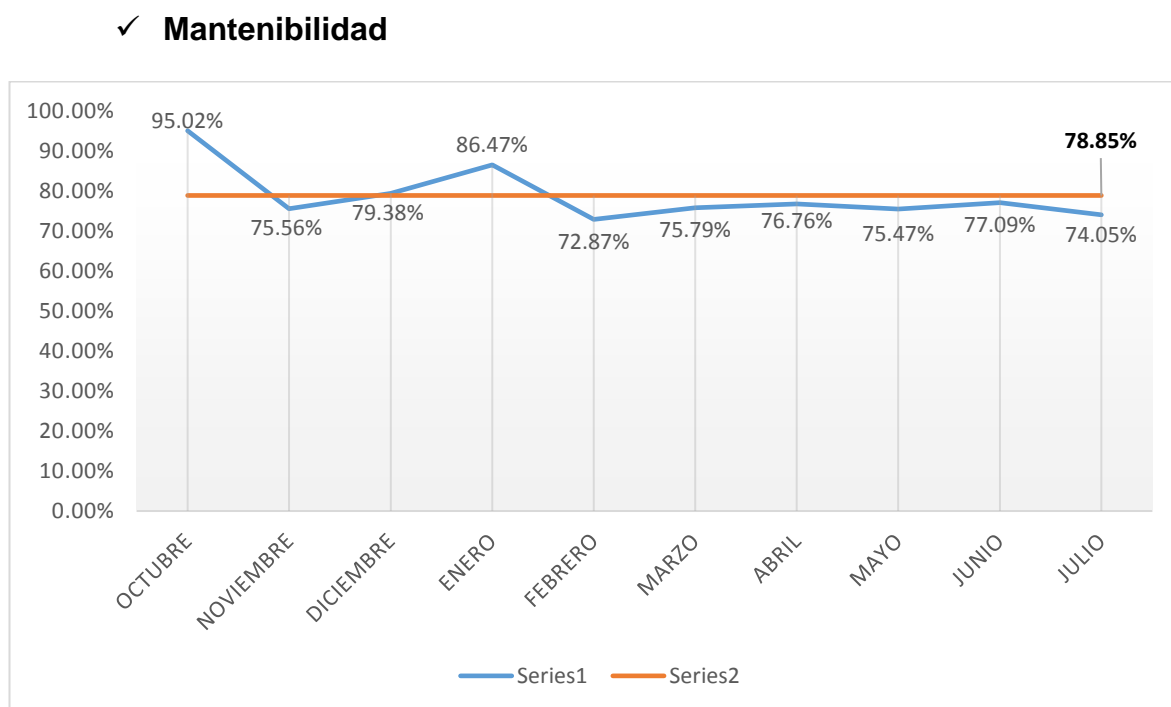


Figura N° 14: Porcentaje de mantenibilidad del Torno - GURUTZPE
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°14 nos brinda los porcentajes de mantenibilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de mantenibilidad de 78.85%, mostrando un nivel regular de la máquina frente a este indicador.

3.3.3. Soldadora por arco eléctrico - SOLANDINAS

✓ Disponibilidad

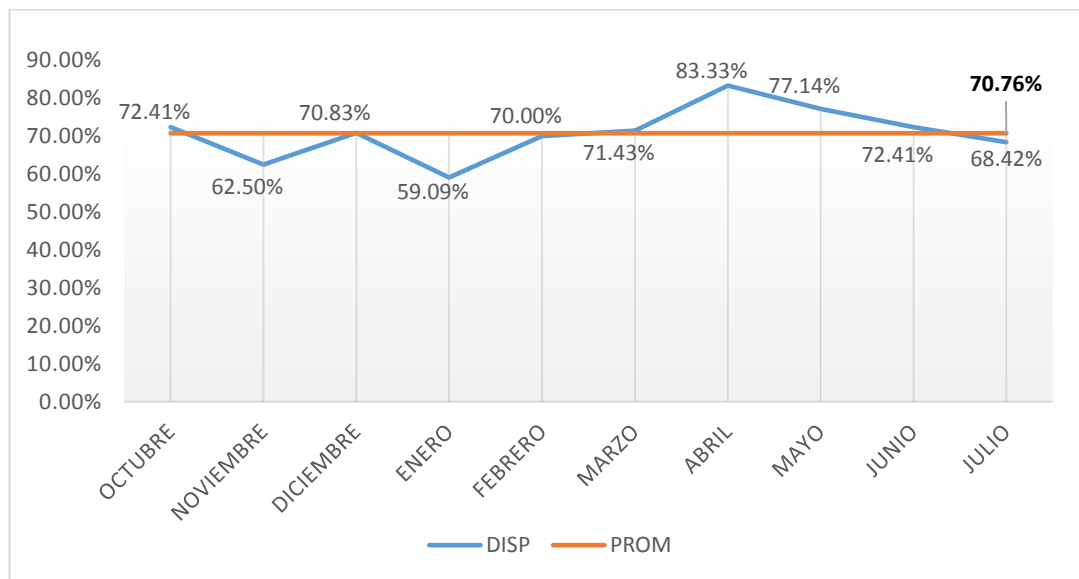


Figura N° 15: Porcentaje de disponibilidad de la soldadora por arco eléctrico - SOLANDINAS

Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°15 nos brinda los porcentajes de disponibilidad de la máquina en el periodo determinado, con un promedio de 70.76%, que muestra, al igual que los casos anteriores, un bajo nivel de disponibilidad de la máquina.

✓ Confiabilidad

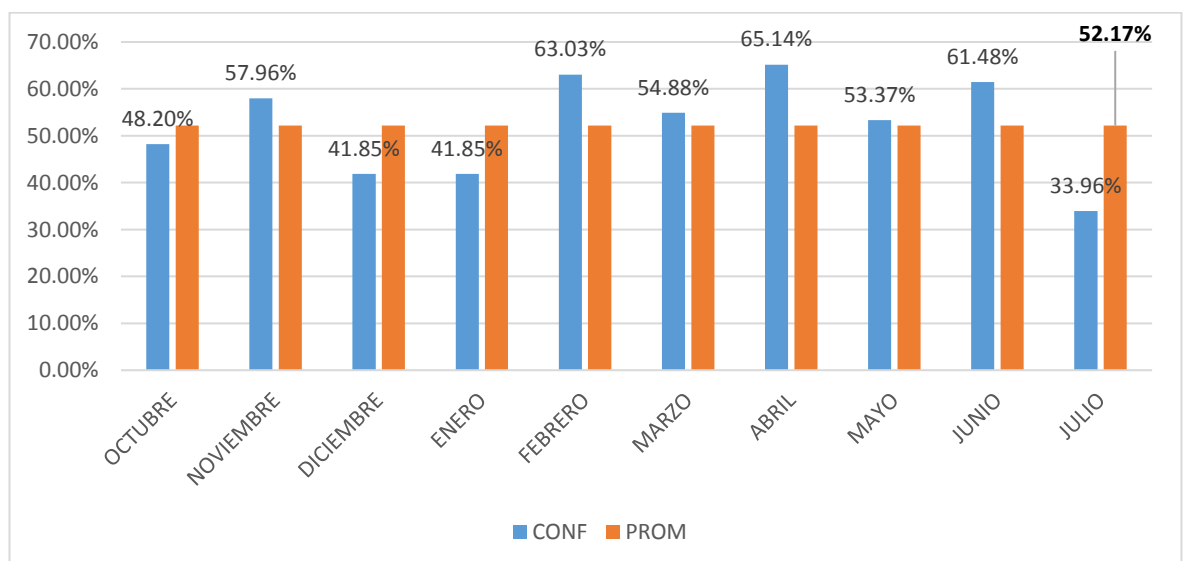


Figura N° 16: Porcentaje de confiabilidad de la soldadora por arco eléctrico - SOLANDINAS

Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°16 nos brinda los porcentajes de confiabilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de confiabilidad de 52.17%.

✓ **Mantenibilidad**

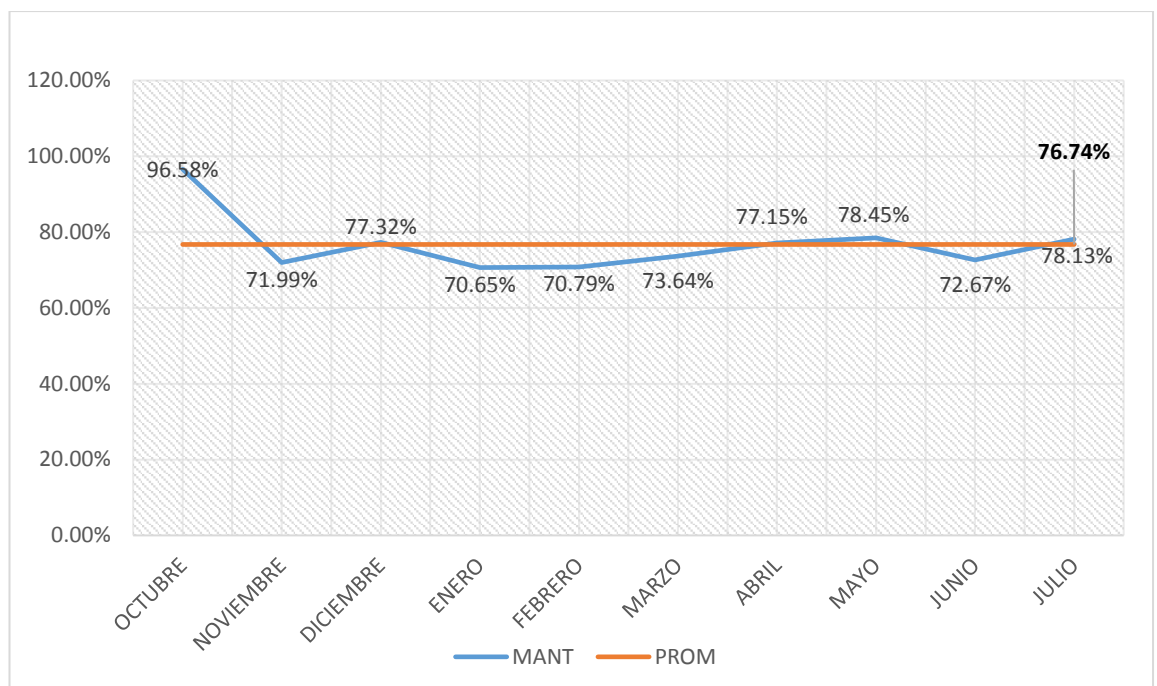


Figura N° 17: Porcentaje de mantenibilidad de la soldadora por arco eléctrico - SOLANDINAS

Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°17 nos brinda los porcentajes de mantenibilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de mantenibilidad de 76.74%.

3.3.4. Compresora 2HP - HYUNDAI

✓ Disponibilidad

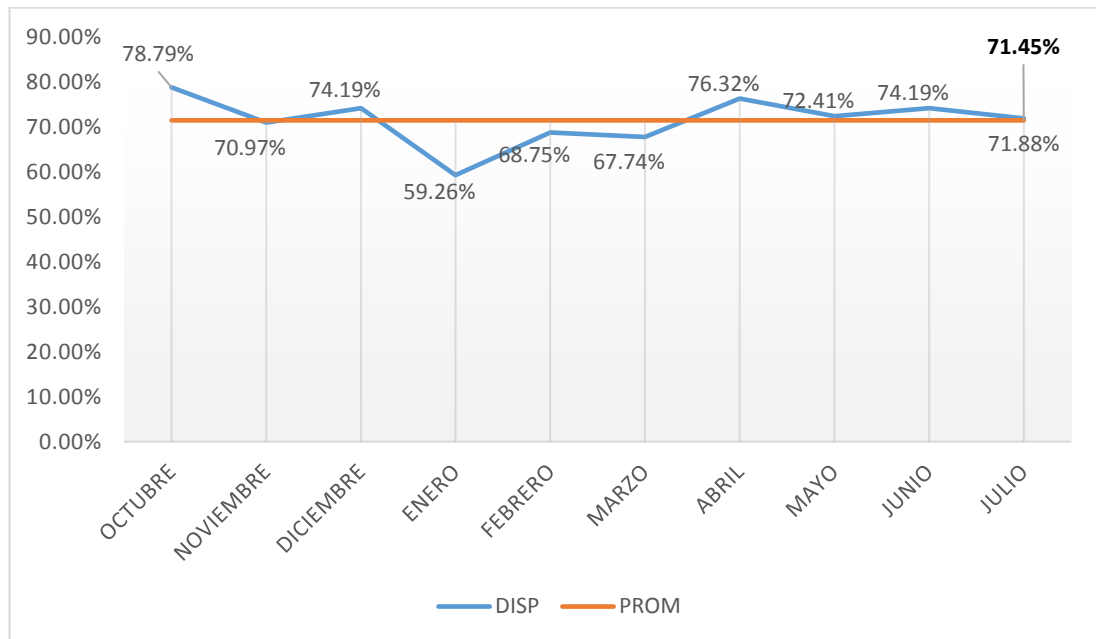


Figura N° 18: Porcentaje de disponibilidad de la Compresora 2HP - HYUNDAI
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°18 nos brinda los porcentajes de disponibilidad de la máquina en el periodo determinado, con un promedio de 71.45%

✓ Confiabilidad

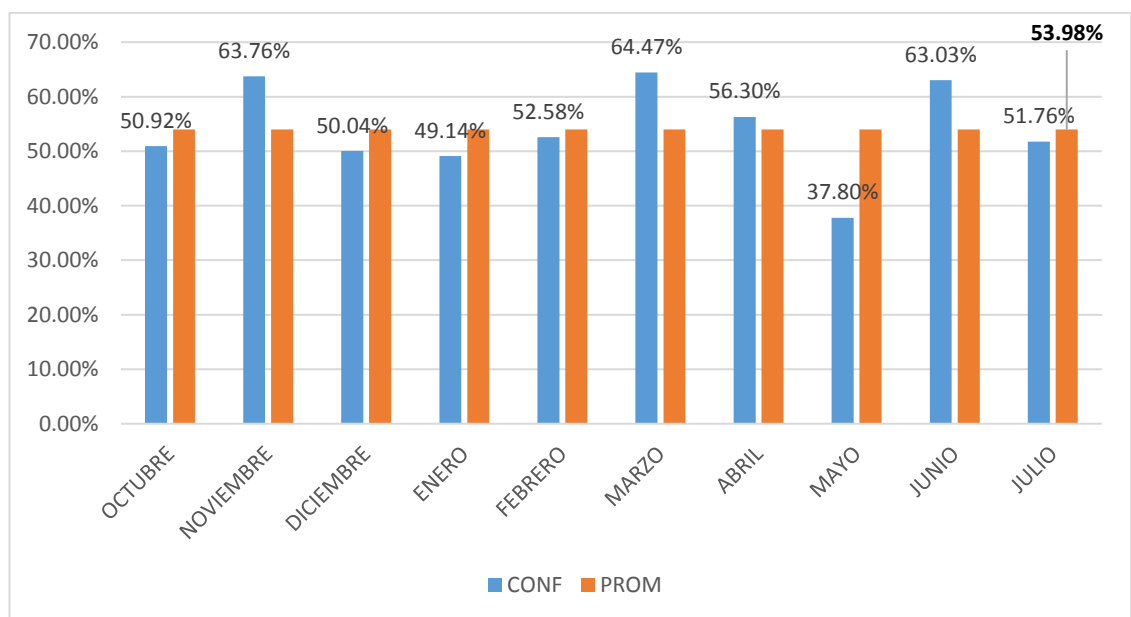


Figura N° 19: Porcentaje de confiabilidad de la Compresora 2HP - HYUNDAI
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°19 nos brinda los porcentajes de confiabilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de confiabilidad de 53.98%.

✓ **Mantenibilidad**

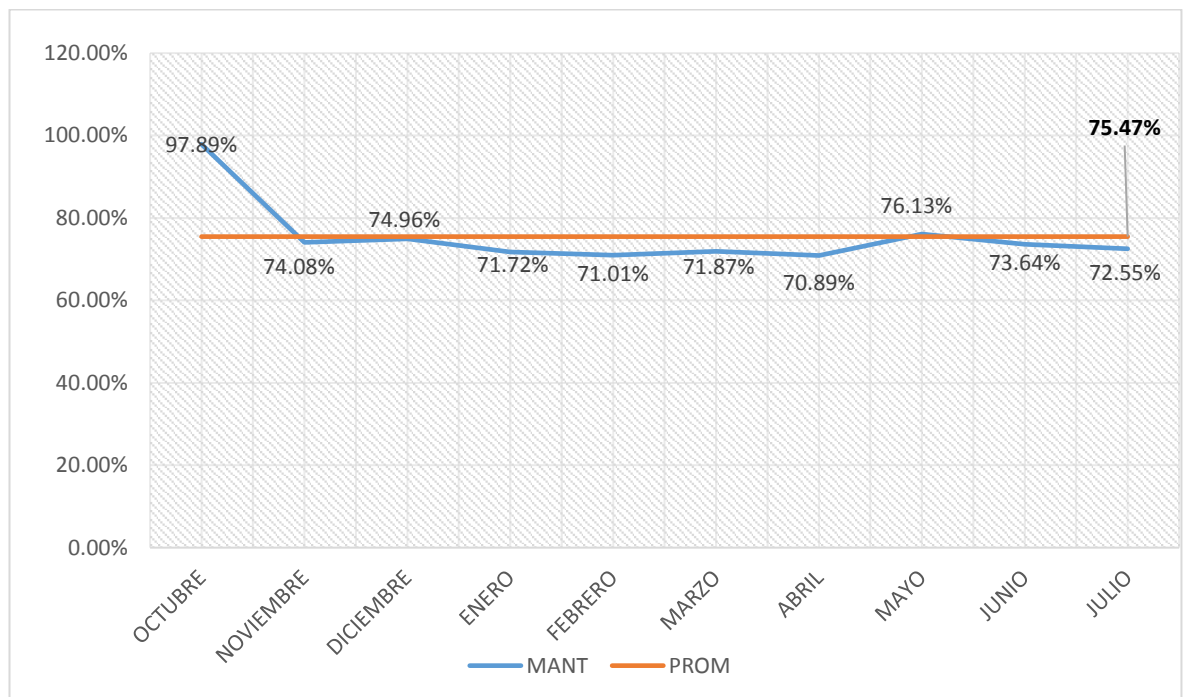


Figura N° 20: Porcentaje de mantenibilidad de la Compresora 2HP - HYUNDAI
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°20 nos brinda los porcentajes de mantenibilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de mantenibilidad de 75.47%

3.3.5. Taladro Radial Industrial Z-J

✓ Disponibilidad

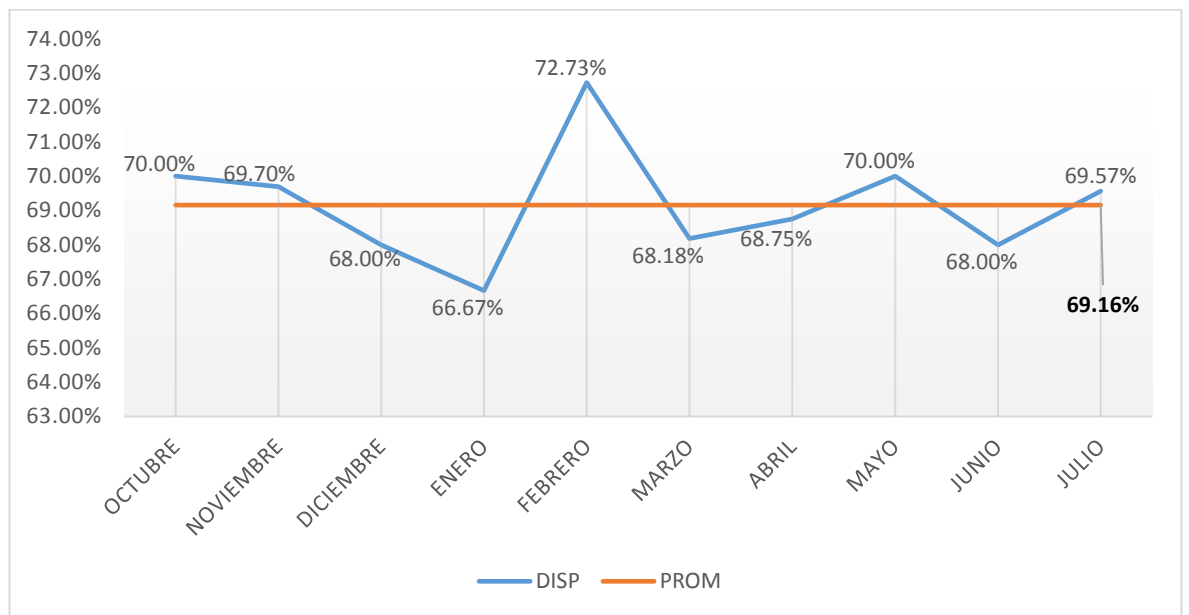


Figura N° 21: Porcentaje de disponibilidad del Taladro Radial Industrial Z-J

Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°21 nos brinda los porcentajes de disponibilidad de la máquina en el periodo determinado, con un promedio de disponibilidad de 69.16%

✓ Confiabilidad

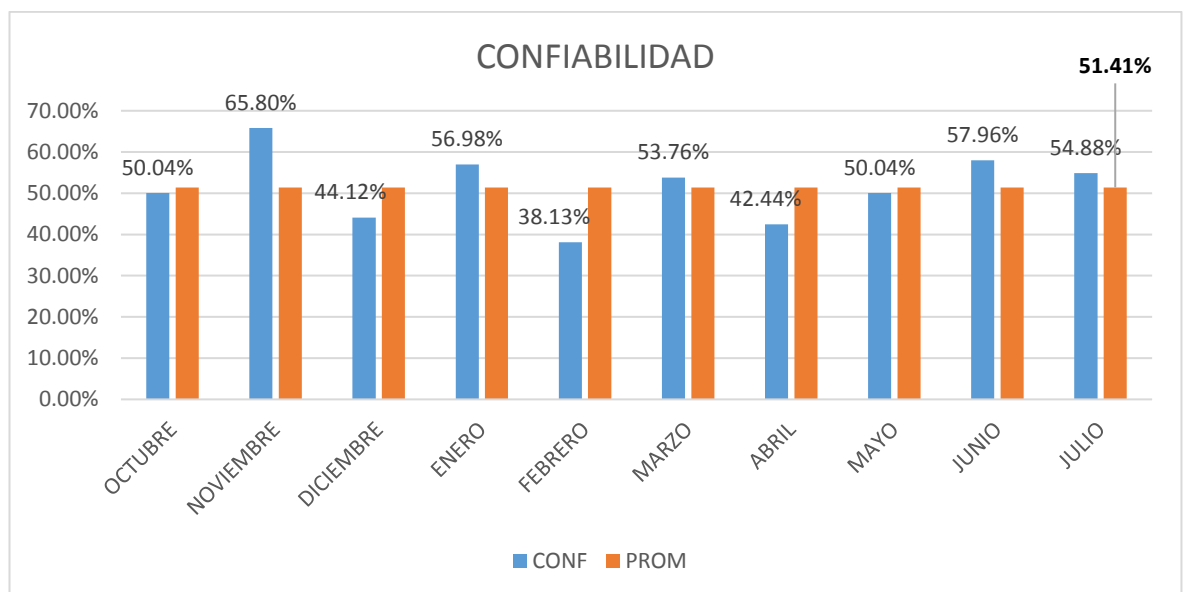


Figura N° 22: Porcentaje de confiabilidad del Taladro Radial Industrial Z-J
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°22 nos brinda los porcentajes de confiabilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de confiabilidad de 51.41%.

✓ **Mantenibilidad**

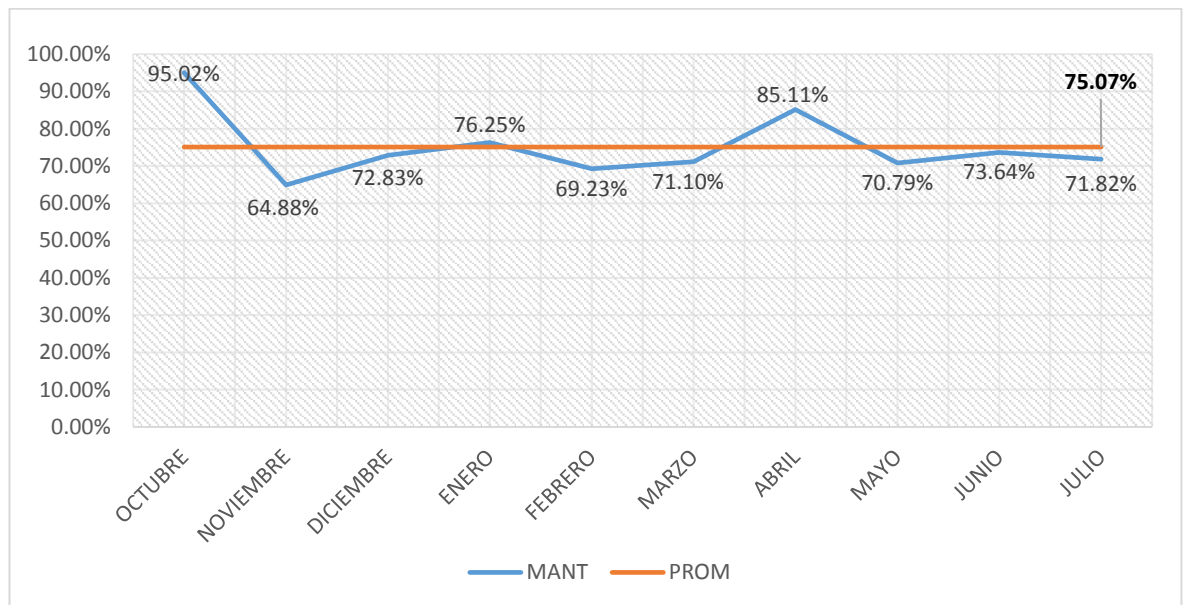


Figura N° 23: Porcentaje de mantenibilidad del Taladro Radial Industrial Z-J
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°23 nos brinda los porcentajes de mantenibilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de mantenibilidad de 75.07%

3.3.6. Amoladora 7" - BOSH

✓ Disponibilidad

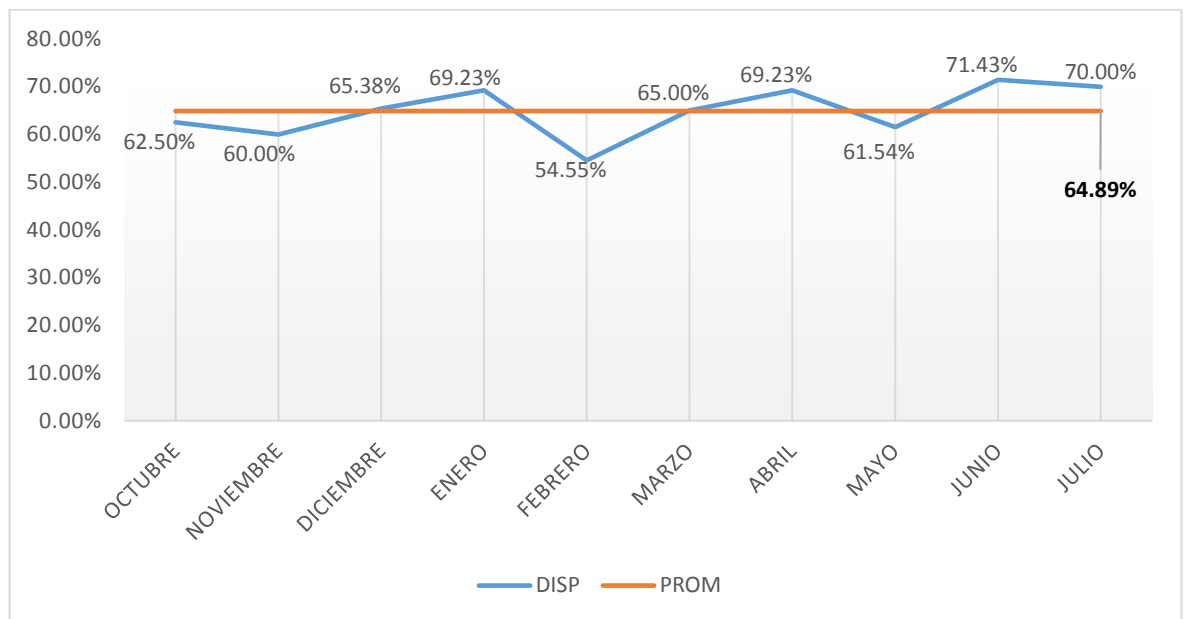


Figura N° 24: Porcentaje de disponibilidad de la Amoladora 7" - BOSH

Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°24 nos brinda los porcentajes de disponibilidad de la máquina en el periodo determinado, con un promedio de disponibilidad de 64.89%

✓ Confiabilidad

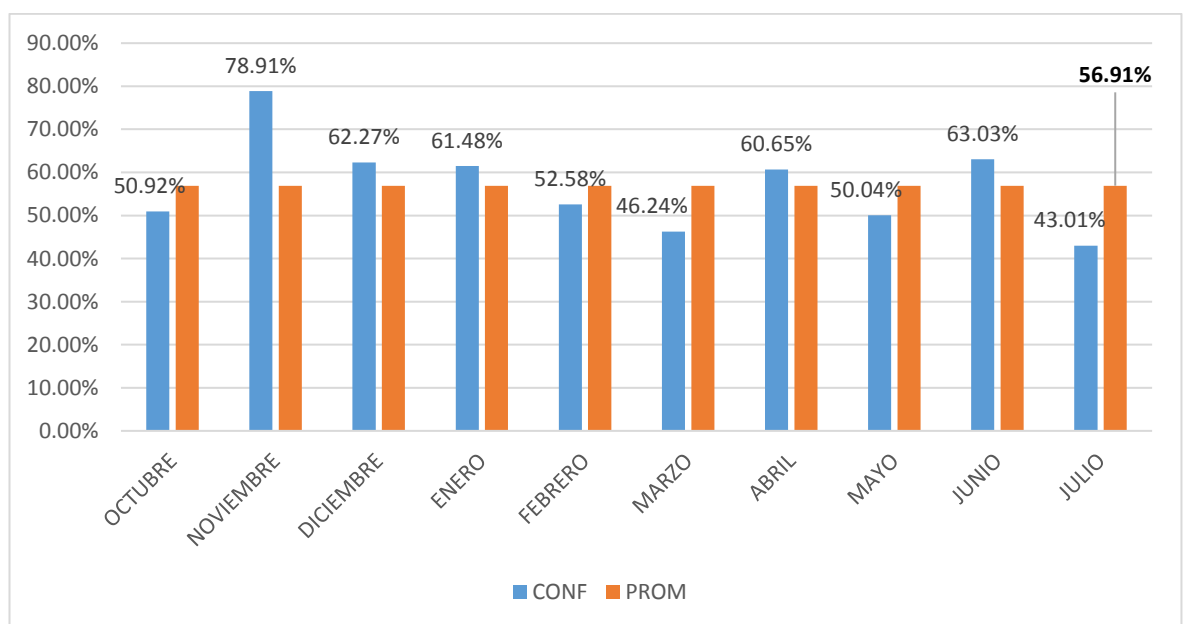


Figura N° 25: Porcentaje de confiabilidad de la Amoladora 7" - BOSH
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°25 nos brinda los porcentajes de confiabilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de confiabilidad de 56.91%.

✓ **Mantenibilidad**

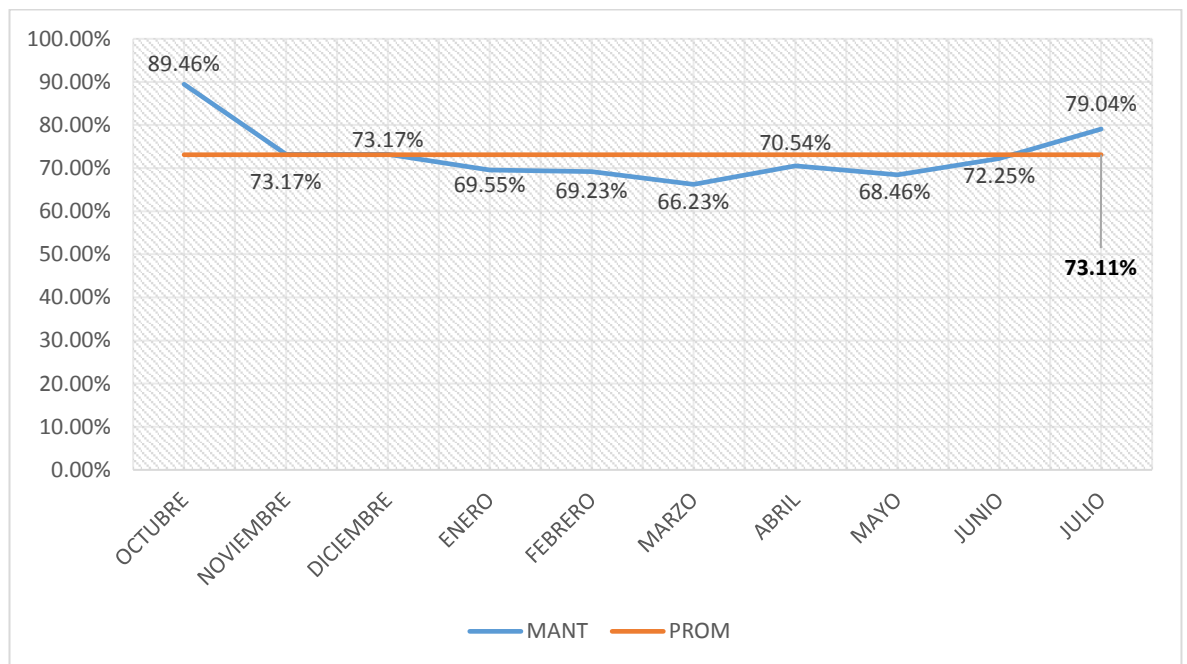


Figura N° 26: Porcentaje de mantenibilidad de la Amoladora 7" - BOSH
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°26 nos brinda los porcentajes de mantenibilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de mantenibilidad de 73.11%

3.3.7. Taladro vertical - KAILI

✓ Disponibilidad

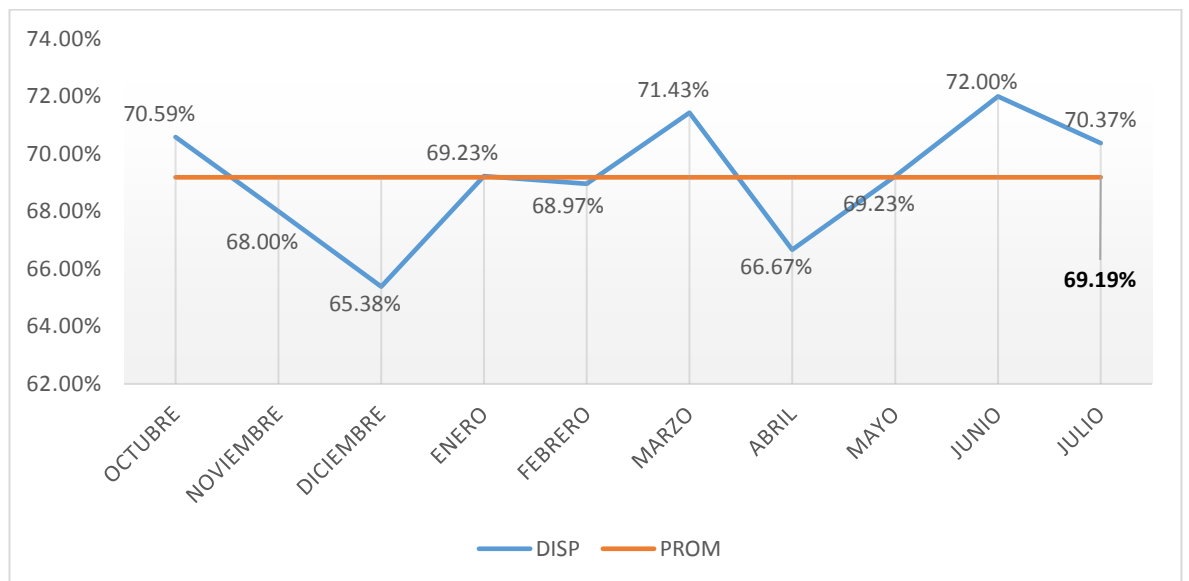


Figura N° 27: Porcentaje de disponibilidad del Taladro vertical - KAILI

Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°27 nos brinda los porcentajes de disponibilidad de la máquina en el periodo determinado, con un promedio de disponibilidad de 69.19%

✓ Confiabilidad

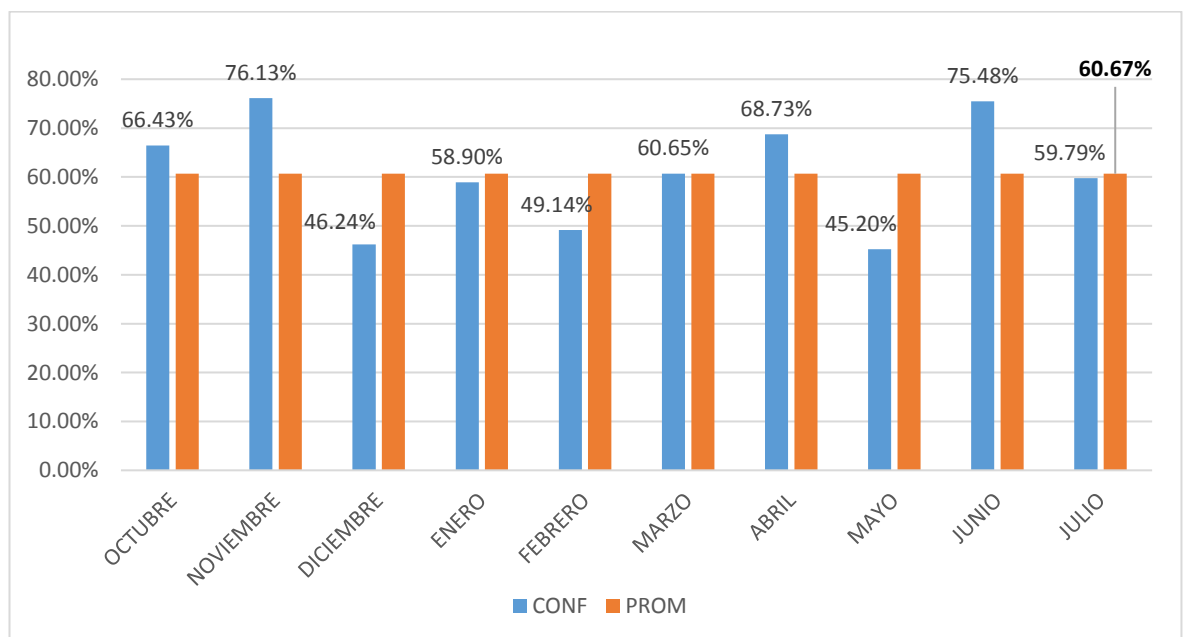


Figura N° 28: Porcentaje de confiabilidad del Taladro vertical – KAILI
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°28 nos brinda los porcentajes de confiabilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de confiabilidad de 60.67%.

✓ **Mantenibilidad**

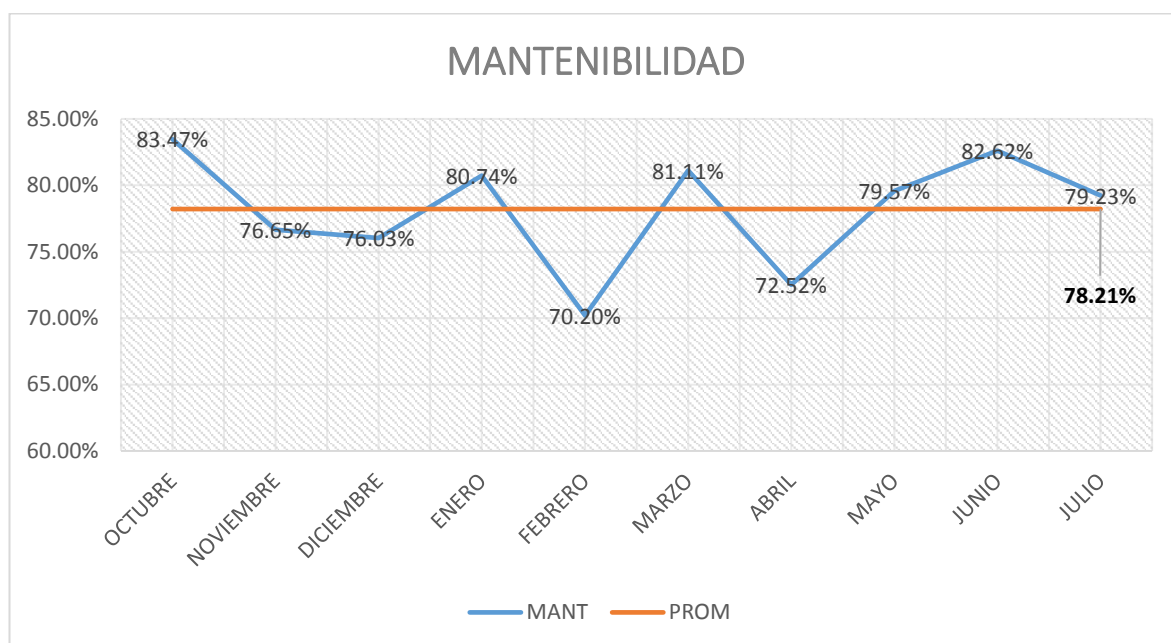


Figura N° 29: Porcentaje de mantenibilidad del Taladro vertical – KAILI
Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°29 nos brinda los porcentajes de mantenibilidad de la máquina en el periodo determinado, mostrando un promedio de mantenibilidad de 78.21%.

3.3.8. Gráfico general de Indicadores

Tabla. N°3: Indicadores de las máquinas y equipos críticos

MÁQUINAS	DISP	CONF	MANT
Soldadora MIG - SOLDAMAX	71.15%	67.80%	93.87%
Torno - GURUTZPE	70.58%	56.48%	78.85%
Soldadora arco eléctrico - SOLANDINAS	70.76%	52.17%	76.54%
Compresora 2HP - HYUNDAI	71.45%	53.98%	75.47%
Taladro radial industrial - Z-J	69.16%	51.41%	75.07%
Amoladora 7" - BOSH	64.89%	56.91%	73.11%
Taladro Vertical - KAILI	69.19%	60.67%	78.21%

Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

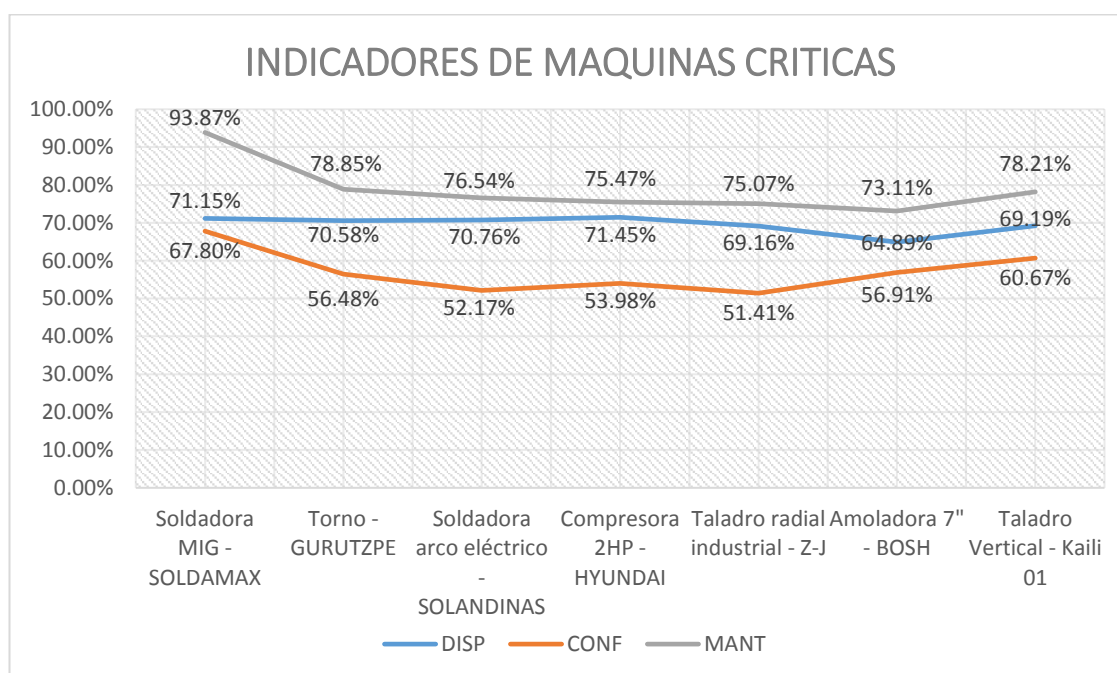



Figura N° 30: Porcentajes promedios de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad obtenidos en la evaluación actual a las máquinas críticas

Fuente: MAZ INGENIEROS CONTRATISTAS SAC.

La Figura N°30 nos brinda los porcentajes promedios de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de las máquinas críticas, donde se puede observar que los intervalos de los valores obtenidos, son bajos y evidencian la falta de mantenimiento de dichas máquinas.

3.4. Plan de mantenimiento basado en la Norma ISO 55000

		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA Y/O EQUIPOS		Código: PMP–MAZ 01
Elaborado por: Leonardo Castañeda Rivera	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 18-09-2017	Versión: 01
				Página: 1

1. Objetivo:

Realizar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipo críticos e importantes de la empresa metalmecánica MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C., para mejorar la disponibilidad operacional de los mismos.

Se basa en los requerimientos de planeación de la norma ISO 55000 en cuanto a planes de mantenimiento

2. Alcance:

Se aplica a los componentes críticos e importantes de la empresa metalmecánica MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C. Se basa en los requerimientos de contexto de la organización de la norma ISO 55000

3. Responsabilidades:


Gerente de Producción: Persona que supervisa y gestiona todo el proceso productivo, además de coordina con el jefe de mantenimiento el cronograma de ejecución del plan de mantenimiento.

Jefe de Mantenimiento: Es la persona encargada de elaborar y garantizar el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo. Coordina con los encargados de realizar el mantenimiento, y verificar el cumplimiento de todas las tareas de mantenimiento.

Asistente de Mantenimiento: Persona encargada de proveer actualizados registros de mantenimiento y de informar o reportar equipos que necesitan mantenimiento correspondiente.

Técnico Oficial: Es la persona encargada de realizar las labores de mantenimiento requeridas en las órdenes de trabajo.

Proveedor: Es el encargado de realizar las labores de mantenimiento, en donde los oficiales técnicos están limitados, es conocido como servicios de terceros.

		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA Y/O EQUIPOS		Código: PMP–MAZ 01
Elaborado por: Leonardo Castañeda Rivera	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 18-09-2017	Versión: 01 Página: 2

4. Documentos Aplicables y/o Anexos:

Programa de Mantenimiento Preventivo. Código: PMP–MAZ 01

Formato: “Reporte de Avería o falla” Código: RAV–MAZ 01

Formato: “Orden de Trabajo de Mantenimiento” Código: OTM–MAZ 01

Formato: “Orden de Servicio de Mantenimiento”. Código: OSM–MAZ 01

Formato: “Orden de Compra de material y/o repuesto para mantenimiento”

Código: OCM–MAZ 01

Formato: “Solicitud de material y/o repuesto a almacén” Código: SMA–MAZ 01

Ficha técnica Soldadora MIG – SOLDAMAX. Código: FT–SMIG

Ficha técnica TORNO – GURUTZPE. Código FT–TOR

Ficha técnica Soldadora Arco eléctrico – SOLANDINAS. Código:

FT–SARC


Ficha técnica Compresora 2HP – HYUNDAI. Código. FT–COMP 02

Ficha técnica Taladro radial industrial – Z-J. Código: FT–TLDR

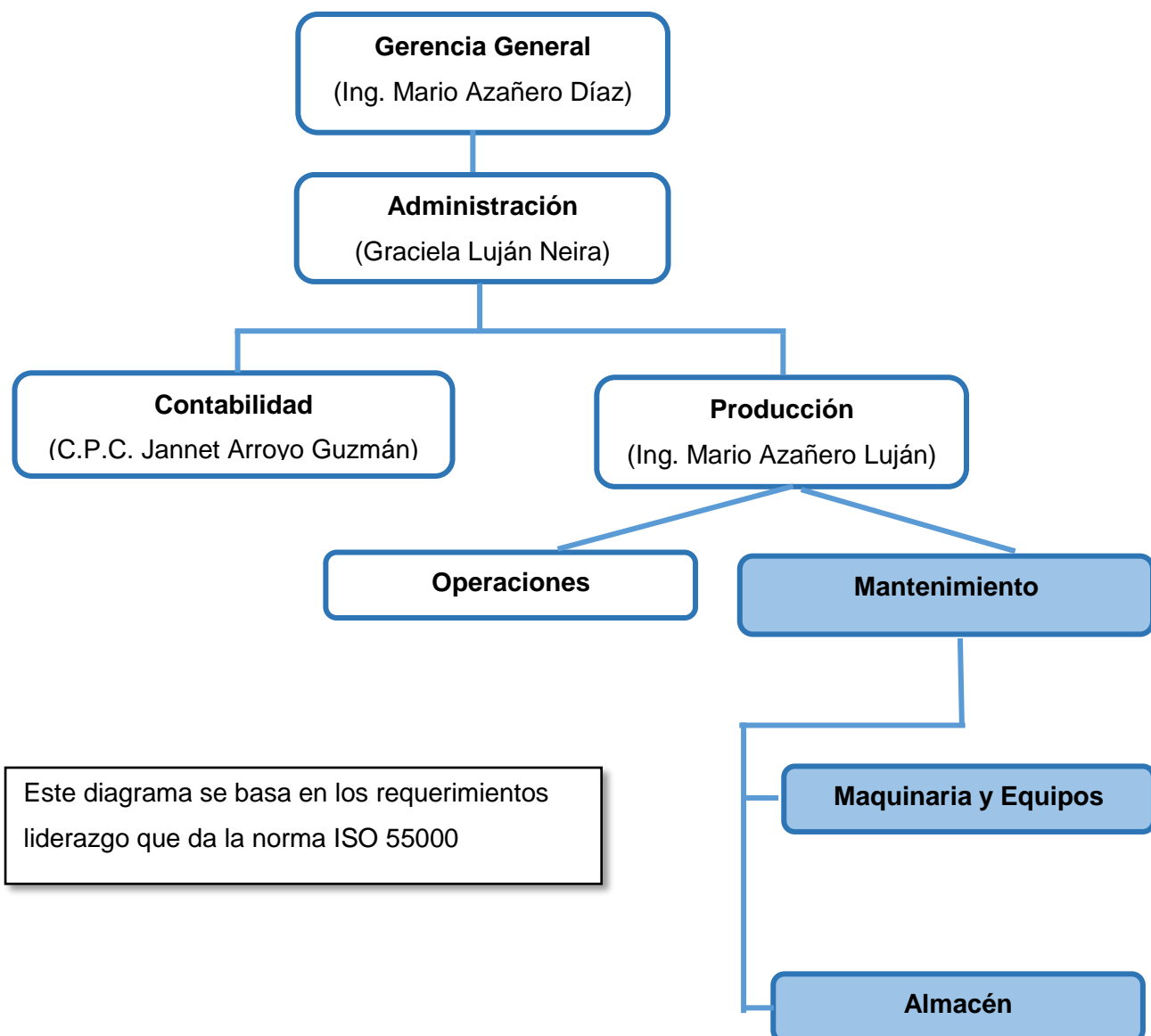
Ficha técnica Amoladora 7” – BOSH. Código: FT– AMD 02


Ficha técnica Talado vertical – KAILI Código: FT– TLDV

Estos documentos se basan en los requerimientos de Soporte que da la norma ISO 55000

		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA Y/O EQUIPOS		Código: PMP–MAZ 01
Elaborado por: Leonardo Castañeda Rivera	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 18-09-2017	Versión: 01
				Página: 3

5. Diagrama de Requerimiento General en Gestión de Activos:



		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA Y/O EQUIPOS		Código: PMP–MAZ 01
Elaborado por: Leonardo Castañeda Rivera	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 18-09-2017	Versión: 01 Página: 4


6. Diagrama de Identificación de Sistemas de cada equipo y/o máquina:

Para poder aplicar el plan de mantenimiento de una manera más específica, se procedió a dividir cada elemento crítico en sistemas y componentes básicos.

Tabla. N°4: Sistemas y componentes de cada equipo y/o máquina

EQUIPO O MÁQUINA	SISTEMA	COMPONENTES
TORNO - Gurutzpe	S. Mecánico	Bancada, cabezal, porta herramienta, palancas de comando, general
	S. Eléctrico	Contactores, switch, Motor eléctrico
Soldadora MIG - Soldamax	S. Mecánico	Ruedas de arrastre, carcasa, Pistola, pinza a tierra
	S. Eléctrico	Cableado de alimentación, puesta a tierra, transformador, interruptor
Soldadora arco electrico - Solandinas	S. Mecánico	Ruedas de arrastre, carcasa, pinzas
	S. Eléctrico	Cableado de alimentación, puesta a tierra, transformador, interruptor
Compresora de aire - Hyundai	S. Mecánico	Ruedas de arrastre, tanque
	S. Eléctrico	Motor eléctrico, Electroválvula de accionamiento
	S. Neumático	Presostato, válvula de seguridad, purgador
Taladro Radial Industrial - Z-J	S. Eléctrico	Motores , Switch, Tablero de mando
	S. Mecánico	Carcasa de motor, manivelas de mando y ajuste, columna guía, mandril
Taladro vertical - KAILI	S. Mecánico	Carcasa de motor, Manivela de accionamiento vertical, mandril
	S. Eléctrico	Motor , Switch, Cable de alimentación
Amoladora 7" - BOSH	S. Mecánico	Carcasa, rodamientos internos, brida
	S. Eléctrico	Swicth, carbones, rotor eléctrico, Cable de alimentación

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC

		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA Y/O EQUIPOS		Código: PMP–MAZ 01
Elaborado por: Leonardo Castañeda Rivera	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 18-09-2017	Versión: 01
				Página: 5

7. Grado de Riesgo de Equipos:

Se determinó mediante el análisis de criticidad. (Ver Anexo 4 y 5)

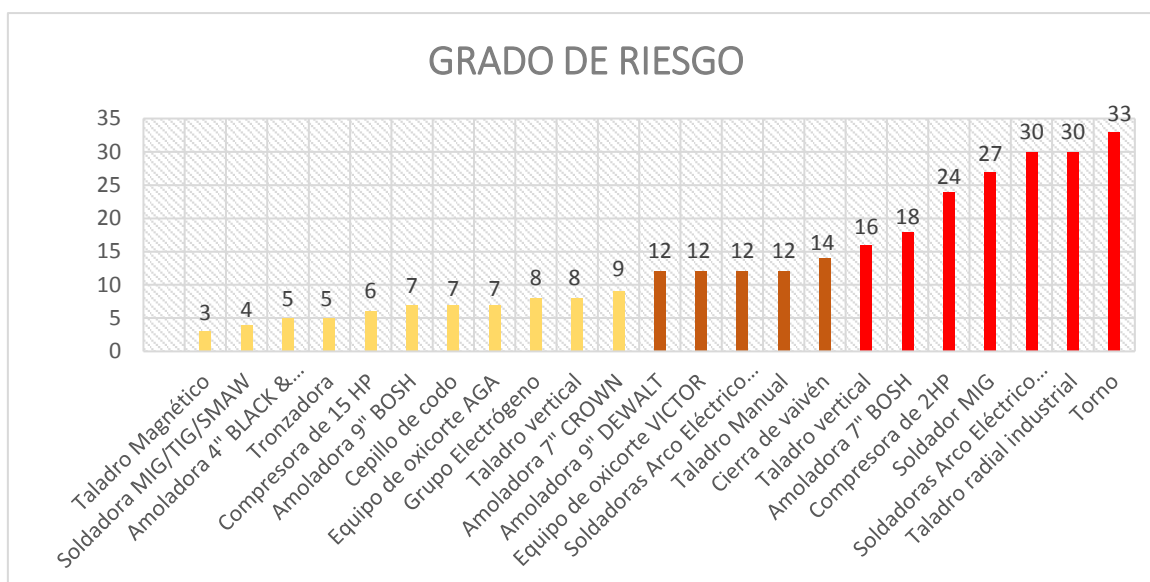



Figura N°32: Grado de riesgo de las maquinarias.

Fuente: Elaboración propia

8. Política:

Atender la demanda de servicios metalmecánicos de los clientes de manera eficiente. Ello depende del estado de funcionamiento de las máquinas y equipos involucrados en la producción y servicios brindados. Evaluando los diferentes indicadores de producción y mantenimiento, donde el encargado de mantenimiento, está en la obligación de mantener disponibles y operativas las máquinas y equipos de la empresa.

Se basa e los requerimientos de contexto de organización de la norma ISO 55000

		<p align="center">PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA Y/O EQUIPOS</p>		<p>Código: PMP-MAZ 01</p>
<p>Elaborado por: Leonardo Castañeda Rivera</p>	<p>Revisado por:</p>	<p>Aprobado por:</p>	<p>Fecha: 18-09-2017</p>	<p>Versión: 01</p> <hr/> <p>Página: 6</p>

9. Programa de Mantenimiento:

Este programa se basa en los requerimientos establecidos por la norma ISO 55000: Contexto de la organización, Planeación, Soporte, Operación y Evaluación de desempeño. (Véase Anexo 14)

Tabla. N°5: Programa de mantenimiento de Soldadora Mig Soldamax

[illegible]

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)


		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA Y/O EQUIPOS			Código: PMP–MAZ 01
Elaborado por: Leonardo Castañeda Rivera	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 18-09-2017	Versión: 01	Página: 10

Tabla. N°9: Programa de mantenimiento de Torno Gurutzpe

Elemento: 05	Torno - GURUTZPE	Frecuencia	Programa de Mantenimiento Preventivo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Costo:	S/. 3,210.00		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Sistema	Actividades		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
S. Mecánico	Verificar estado y ajuste de mordazas	Diario		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Inspeccionar bancada y estado de lubricación	Semanal		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Verificar estado de cabezal móvil	Mensual			x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	Verificar estado de la guía de carro transversal		x			x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	Limpieza de la cremallera principal					x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	Lubricación al sistema de transmisión	Trimestral								x												x																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	Verificar estado de manivelas de mando y ajuste													x																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	Revisar estado de la bomba										x																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	Verificar ruidos anormales en funcionamiento	Semestral																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	Cambio de aceite																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Inspeccionar velocidades de salida en RPM	Anual																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)



		<p>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA Y/O EQUIPOS</p>		<p>Código: PMP-MAZ 01</p>
<p>Elaborado por: Leonardo Castañeda Rivera</p>	<p>Revisado por:</p>	<p>Aprobado por:</p>	<p>Fecha: 18-09-2017</p>	<p>Versión: 01</p> <p>Página: 10</p>

Tabla. N°11: Programa de mantenimiento de Amoladora 7" Bosch

[illegible]

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)


		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA Y/O EQUIPOS		Código: PMP–MAZ 01
Elaborado por: Leonardo Castañeda Rivera	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 18-09-2017	Versión: 01 Página: 11

Elemento: 08	Amoladoras de 4" y 9 "	INTERVALO			
		Diario	Semanal	Mensual	Trimestral
	Actividades				
	Limpieza general	X			
	Verificar ruidos o vibraciones anormales			X	
	Verificar estado de carbones			X	
	Verificar y Limpiar ventilador				X
	Verifica rodamientos				X
	Verificar estado de Contactores			X	
	Verificar estado de estator y rotor				X
	Costo	S/. 570.00			

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)

Elemento: 09	Equipos Oxicorte	INTERVALO			
		Diario	Semanal	Mensual	Trimestral
	Actividades				
	Verificar conexiones de gas	X			
	Verificar estado de regulador de presión	X			
	Limpieza a la pistola		X		
	Verificar estado de boquillas de salida				X
	Verificar estado de tobera				X
	Verificar estado de mangueras				X
	Costo	S/. 520.00			

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)


		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA Y/O EQUIPOS		Código: PMP–MAZ 01
Elaborado por: Leonardo Castañeda Rivera	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 18-09-2017	Versión: 01
				Página: 12

Elemento: 10	Cierra de Vaivén	INTERVALO			
Actividades		Diario	Semanal	Mensual	Trimestral
Verificar estado de manivela de avance				X	
Verificar estado de palanca tensora				X	
Verificar estado de variador de velocidad					x
Verificar estado de bomba de refrigeración					X
Verificar estado de hoja de corte			x		
Limpieza general		X			X
Costo		S/. 1100.00			

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)

Elemento: 11	Cortadora por Plasma	INTERVALO			
Actividades		Diario	Semanal	Mensual	Trimestral
Verificar que el acceso de aire se encuentre libre				X	
Verificar estado de cable de alimentación				X	
Verificar estado de manguera					x
Verificar estado tablero eléctrico					X
Verificar estado de tobera y boquilla					X
Limpieza general		X			
Costo		S/. 1,750.00			

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)

		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA Y/O EQUIPOS		Código: PMP–MAZ 01
Elaborado por: Leonardo Castañeda Rivera	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 18-09-2017	Versión: 01
				Página: 12

Elemento: 12	Taladro manual	INTERVALO			
		Diario	Semanal	Mensual	Trimestral
	Actividades				
	Limpieza general	X			
	Verificar ruidos o vibraciones anormales			X	
	Verificar estado de carbones			X	
	Verificar y Limpiar ventilador				X
	Verifica rodamientos				X
	Verificar estado de Contactores			X	
	Verificar estado de estator y rotor				X
	Verificar estado de mandril				X
	Costo	S/. 430.00			

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)

Elemento: 13	Soldadoras	INTERVALO			
		Diario	Semanal	Mensual	Trimestral
	Actividades				
	Limpieza general		X		
	Verificar ruidos o vibraciones anormales			X	
	Verificar estado y funcionamiento de ventilador			X	
	Verificar estado de cable de alimentación				X
	Verifica estado de pinza porta electrodo y puesta a tierra				X
	Verificar estado Interruptor				X
	Verificar estado de controlador de amperaje				X
	Costo	S/. 1,850.00			

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)

3.5. Simulación Del Plan de Mantenimiento

Para Verificar el correcto funcionamiento del plan de mantenimiento y su influencia en los Indicadores de la Maquinaria y equipo, se realizó la simulación de dicho plan mediante el software PROMODEL, siguiendo la siguiente metodología de simulación.

3.5.1. Metodología de Simulación

➤ Creación de Locaciones

Se crearon las locaciones, que en este caso son las máquinas donde se realizará el trabajo, así como también la oficina de mantenimiento.

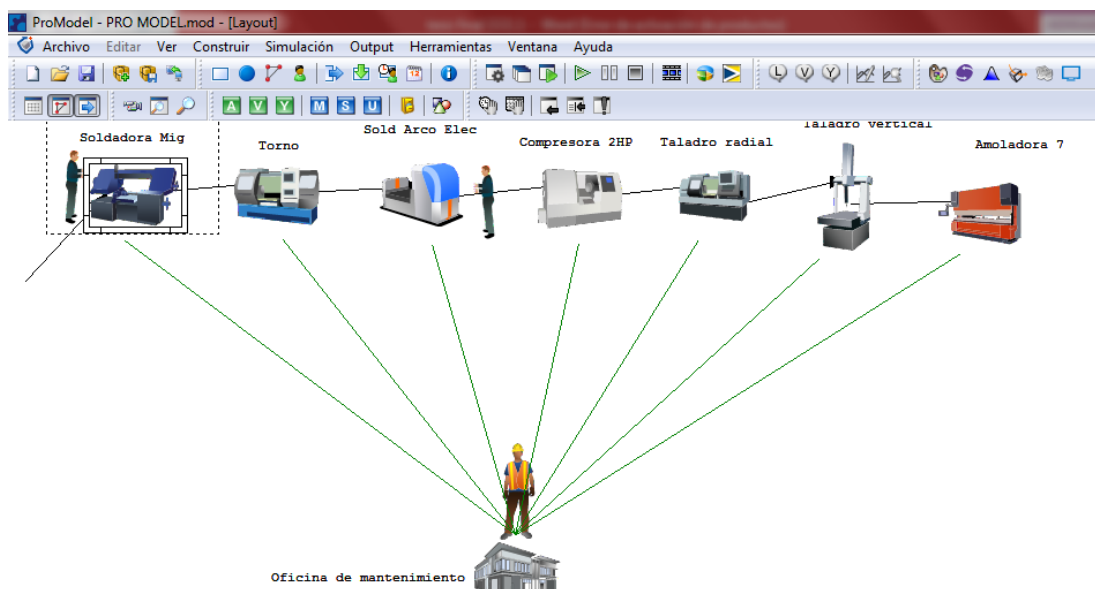


Figura N° 33: Layout con locaciones

Fuente: ProModel

➤ Creación de Entidades

Se crearon las entidades, que son quienes realizarán el trabajo, en nuestro caso el operario de máquina y operario de mantenimiento. Además se le asignó las rutas que la entidad recorrerá para llegar a la locación y realizar el mantenimiento.

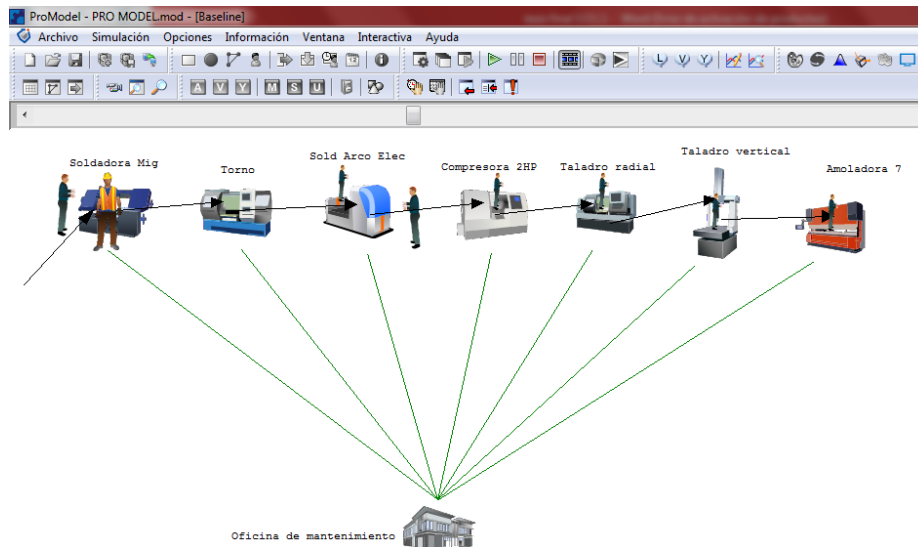


Figura N° 34: Layout con locaciones y entidades

Fuente: ProModel

➤ Asignación de Tiempos e intervalos de mantenimiento

Se asignó las horas e intervalos de tiempo en los cuales se realizará la labor de mantenimiento a cada máquina según el plan de mantenimiento. Además se asignó el tiempo en el cual el operario de mantenimiento permanecerá en la locación realizando la el trabajo determinado.

ProModel - PRO MODEL.mod

Archivo Editar Ver Construir Simulación Output Herramientas Ventana Ayuda

Ver Texto (PRO MODEL.mod)

```

*****
*           Tiempos Muertos por Reloj Locaciones           *
*****
Loc      Frecuencia  Primera Vez  Prioridad  Programado  Deshab  Lógica
-----
Soldadora_Mig  56 hr    56 hr    99      No      No      Use Tecnico For 1 hr
Free Tecnico
Torno          448 hr   448 hr    99      No      No      Use Tecnico For 1 hr
Free Tecnico
Sold_Arco_Elec 140 hr   224 hr    99      No      No      Use Tecnico For 1.2 hr
Free Tecnico
Compresora_2HP 140 hr   168 hr    99      No      No      Use Tecnico For 1 hr
Free Tecnico
Amoladora_7    140 hr   120 hr    99      No      No      Use Tecnico For 1 hr
Free Tecnico
Taladro_vertical 420 hr   200 hr    99      No      No      Use Tecnico For 1 hr
Free Tecnico
Taladro_radial 140 hr   240 hr    99      No      No      Use Tecnico For 1 hr
Free Tecnico

```


Figura N° 35: Series de tiempo de mantenimiento por cada locación

Fuente: ProModel

➤ Tiempo total del Plan

Para la simulación se asignó un tiempo total de 2688 horas correspondientes al plan de mantenimiento Anual.

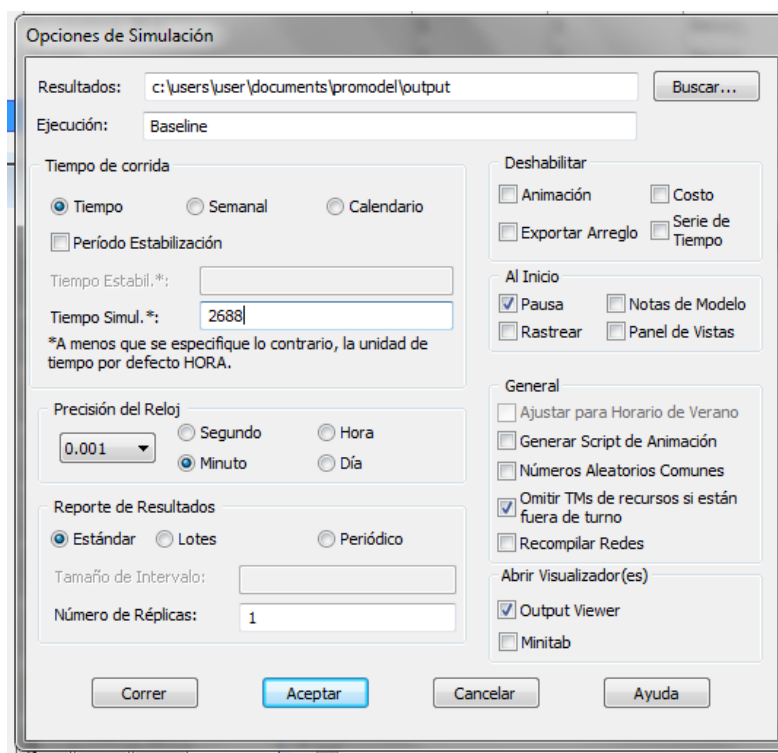


Figura N° 36: Procesamiento Anual del Plan

Fuente: ProModel

3.5.2. Resultados de la Simulación

Luego de culminado el modelo, se procede a correr y simular el plan para obtener los nuevos valores de los indicadores.

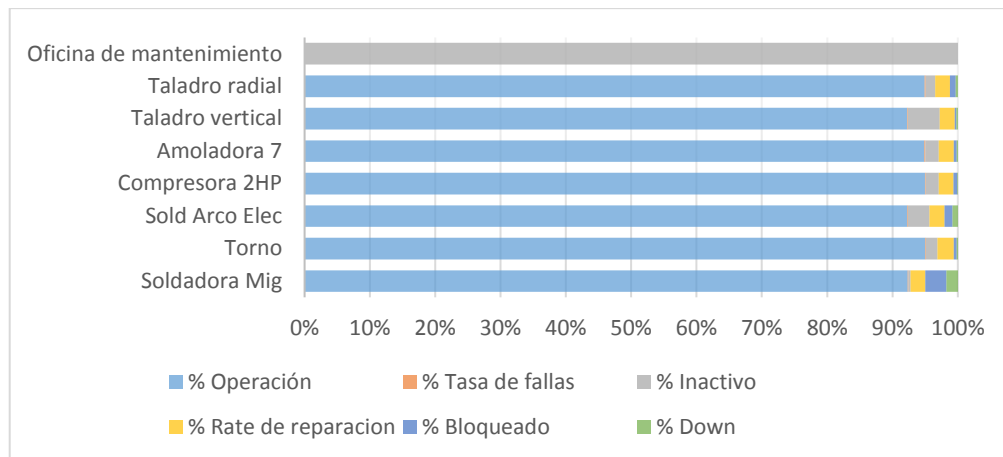


Figura N° 37: Resultados de la simulación

Fuente: ProModel

Tabla. N°12: Valores de indicadores obtenidos en la simulación

Locaciones	% Operación	% Tasa de fallas	% Inactivo	% Rate de reparación	% Bloqueado	% Down
Soldadora Mig	92.31	0.1164	0.36	2.2147	3.24	1.76
Torno	95.00	0.1082	1.77	2.4861	0.45	0.19
Sold Arco Elec	92.26	0.1264	3.25	2.3001	1.25	0.81
Compresora 2HP	94.96	0.1119	2.03	2.211	0.59	0.10
Amoladora 7	94.89	0.1040	2.10	2.283	0.42	0.20
Taladro vertical	92.20	0.1278	4.90	2.2987	0.25	0.22
Taladro radial	94.93	0.1150	1.50	2.2230	0.90	0.33

Fuente: Fig. N° 35

Donde:

- **% Operación:** porcentaje de tiempo que la locación estuvo en operación. Vendría a ser la Disponibilidad
- **% Tasa de Fallas:** este valor nos servirá para calcular los nuevos valores de confiabilidad de acuerdo a los resultados del plan.
- **% Inactivo:** porcentaje de tiempo que la locación estuvo inactiva por falta de entidades.

- **% Rate de reparación:** este valor nos servirá para calcular los nuevos valores de mantenibilidad de acuerdo a los resultados del plan.
- **% Bloqueado:** porcentaje de tiempo que las entidades permanecieron bloqueadas en la localización.
- **%Down:** Porcentaje de tiempo por paros no programados

El programa nos da como resultado los nuevos indicadores: disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad; tomando como referencia los intervalos de tiempo de mantenimiento proporcionados por el programa de mantenimiento de cada máquina. Además, los resultados dependen de la cantidad de entidades asignadas para que realicen las actividades de mantenimiento, el periodo total del plan y la cantidad de intervenciones realizadas a cada máquina según el programa

3.5.3. Nuevos indicadores

Tabla. N°13: Valores de indicadores obtenidos en la simulación

Máquina	DISP (% Operación)	CONFI ($e^{-\%Tasa\ de\ fallas}$)	MANT ($1 - e^{\%Rate\ de\ repaación}$)
Máquina de Soldar MIG - SOLDAMAX	92.31%	89.01%	95.08%
Torno - GURUTZPE	95.00%	89.74%	91.68%
Soldadora arco eléctrico - SOLANDINAS	92.26%	88.13%	89.98%
Compresora 2HP - HYUNDAI	94.96%	89.41%	89.04%
Taladro Radial Industrial	94.89%	90.12%	89.80%
Amoladora 7" - BOSH	92.20%	88.00%	89.96%
Taladro vertical - KAILI	94.93%	89.14%	89.17%

Fuente: Promodel (Elaboración propia)

3.6. Comparación de Indicadores

A continuación se comparan los Indicadores obtenidos en la evaluación previa con los nuevos indicadores obtenidos como resultado de la simulación de aplicación del plan de mantenimiento preventivo anual

Tabla. N°14: Comparación de indicadores

INDICADORES						
Máquina	Disponibilidad		Confiabilidad		Mantenibilidad	
	Eval. Previa	Simulación	Eval. Previa	Simulación	Eval. Previa	Simulación
Sold. MIG - SOLDAMAX	71.15%	92.31%	67.80%	89.01%	93.87%	95.08%
Torno - GURUTZPE	70.58%	95.00%	56.48%	89.74%	78.85%	91.68%
Sold. Arco Eléct. - SOLANDINAS	70.76%	92.26%	52.17%	88.13%	76.74%	89.98%
Compresora 2HP - HYUNDAI	71.45%	94.96%	53.98%	89.41%	75.47%	89.04%
Taladro Radial Industrial	69.16%	94.89%	51.71%	90.12%	75.07%	89.80%
Amoladora 7" - BOSH	64.89%	92.20%	56.91%	88.00%	73.11%	89.96%
Taladro vertical - KAILI	69.19%	94.93%	60.67%	89.14%	78.21%	89.17%

Fuente: Evaluación previa y tabla N°13

3.7. Costo total de mantenimiento y ROI

➤ Costo de mantenimiento de la maquinaria

Tabla. N°15: Costo de mantenimiento por cada máquina

Nivel	Máquina	Código	Costo
Equipos Críticos	Máquina de soldar MIG- SOLDAMAX	MAZ - SOLD 01	S/. 2,280.00
	Máquina de soldar por Arco eléctrico - SOLANDINAS	MAZ - SOLD 03	S/. 1,830.00
	Compresora HYUNDAI	MAZ - COMP 2	S/. 1,450.00
	Taladro Radial industrial - Z-J	MAZ - TLDR	S/. 2,970.00
	Torno Gurutzpe	MAZ - TOR	S/. 3,210.00
	Taladro vertical Kaili	MAZ - TLDV	S/. 1,180.00
	Amoladora 7" Bosh	MAZ - AMD 2	S/. 270.00
Equipos Semi-Críticos	Amoladora 4 y 9"	—	S/. 570.00
	Equipo oxicorte	—	S/. 520.00
	Cierra de Vaivén	—	S/. 1,100.00
	Cortadora por Plasma	—	S/. 1,750.00
	Taladro manual	—	S/. 430.00
	Soldadoras	—	S/. 1,850.00
Servicios	Terceros	—	S/. 4,000.00
Total			S/. 23,410.00

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC.

➤ **Insumos**

La empresa tiene un consumo promedio mensual de s/. 2000.00

Generando un consumo anual de s/ 24000.00.

➤ **Sueldos**

Tabla. N°16: Sueldos del personal de mantenimiento

Personal	Sueldo mensual	Subtotal
Jefe de mantenimiento	S/. 1,200.00	S/. 16,800.00
Operario de mantenimiento	S/. 850.00	S/. 11,900.00
Total		S/. 28,700.00

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC.

Costo total

Tabla. N°17: Costo total del mantenimiento (Elaboración propia)

Gastos	Subtotal
Costo de mantenimiento	S/. 23,410.00
Energía eléctrica	S/. 24,000.00
Sueldos	S/. 28,700.00
Total	S/. 76,110.00

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC.

Retorno de la inversión

- **Gasto anual:** S/. 76,110.00
- **Periodo de pago:** 3 años
- **Tasa de interés:** 14%
- **Ingreso promedio mensual de la empresa:**

Tabla. N°18: Ingreso promedio anual de la

Ingresos	
Mensual	Anual
S/. 16,000.00	S/192,000.00
Total	S/. 192,000.00

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC.

➤ **Amortización:**

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right]$$

$$A = 76110.00 \left[\frac{0.14(1+0.14)^3}{(1+0.14)^3 - 1} \right]$$

$$A = 32782.97$$

➤ **Inversión**

$$\text{Inversión} = \text{préstamo} + \text{intereses} = A * N$$

$$\text{Inversión} = 32782.97 * 3$$

$$\text{Inversión} = 98348.92$$

➤ **Retorno de la Inversión (ROI)**

$$\text{➤ } R.O.I. = \frac{\text{Ingresos} - \text{Inversión (S/.)}}{\text{Inversión } (\frac{\text{S/.}}{\text{año}})}$$

$$\text{➤ } R.O.I. = \frac{192000 - 98348.92}{98348.92}$$

$$\text{➤ } R.O.I. = 95.22\%$$

IV. DISCUSIÓN

- 4.1. Se realizó un inventario actualizado de las máquinas con las que cuenta la empresa metalmecánica MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C., haciendo uso de las fichas técnicas de las mismas, lo que permitió tener registro sobre la cantidad y tipo de maquinaria. Registrando y codificando un total de 23 modelos de máquinas con los que cuenta la empresa.

Al igual que nuestro caso; Varela Reyes, Salvador, 2013, realizó un inventario de los equipos, haciendo uso de sus respectivas placas grabadas con el modelo, tipo, número de máquina y de serie, con el fin de ser más eficiente al buscar la maquinaria dentro de la empresa y poder darle un seguimiento a las mismas. Registrando un total de 32 máquinas.

En ambos estudios, al realizar un inventario actualizado de toda la maquinaria previamente codificada, facilitaremos su referencia en las órdenes de trabajo y servicio, así como también, facilitar su ubicación dentro de la empresa. Por otro lado, nos permitirá llevar control sobre el registro de fallas e intervenciones realizadas a cada máquina según su código en las órdenes de trabajo o servicio.

- 4.2. Se realizó una evaluación del estado actual de la maquinaria de la empresa mediante el registro histórico de funcionamiento. La ausencia de un debido registro histórico de fallas dificultó el cálculo de los indicadores, sin embargo, se llegó a obtener un promedio de 69,59% de Disponibilidad, 57.06% de Confiabilidad y 78.73% de Mantenibilidad tomando como referencia los datos otorgados por la entrevista al personal operario y administrativo. Además se encontró que la empresa no cuenta con un plan o programa de mantenimiento preventivo que permita mejorar dichos indicadores, limitándose sólo a realizar acciones de mantenimiento correctivo.

GARCÍA, Juan y VELÁSQUEZ, José (2007), en su evaluación y diagnóstico evidenciaron la falta de mantenimiento preventivo,

encontrando un promedio de disponibilidad de equipos de 78.3% a través de los datos obtenidos del registro histórico de la empresa.

En ambos casos se verifica que la ausencia de Mantenimiento preventivo genera mayor incidencia de fallas y paradas en las máquinas, disminuyendo considerablemente los indicadores de mantenimiento: Disponibilidad, confiabilidad y Mantenibilidad. Todo esto genera la reducción de la eficiencia del proceso productivo y mayores costos de mantenimiento por acciones de mantenimiento correctivo.

- 4.3. Para nuestro caso, se realizó un análisis de criticidad de equipos, mediante la metodología de análisis de riesgos de frecuencia por consecuencia; donde se analiza la frecuencia de fallas y el impacto que éstas producen para determinar el nivel de criticidad de cada máquina, que puede ser crítico, semi-crítico o no crítico. Este análisis de frecuencia por consecuencia nos permitió determinar la criticidad de todos los equipos y máquinas obteniendo como resultado 7 máquinas críticas.

Al igual que en este estudio, Sierra Álvarez, Gabriel, utiliza una matriz de criticidad basándose en la propuesta del autor García, Santiago, determinando 3 niveles de criticidad y obteniendo como resultado 17 equipos críticos, los cuales requieren de un programa de mantenimiento preventivo. En dicha investigación se obtuvo mayor cantidad de equipos críticos porque contaba con un mayor inventario de equipos, registrando un total de 37 equipos operativos.

En ambos estudios se pone en evidencia la importancia del análisis de criticidad ya que es la única herramienta que nos permite determinar qué equipos son los que tienen mayor incidencia y mayor intervención en el proceso productivo. Asimismo nos brinda qué equipos requieren con mayor importancia la aplicación de un plan de mantenimiento programado.

- 4.4. En esta investigación, se realizó el plan basándose estándares internacionales de la gestión de activos según los requerimientos de la norma ISO 55000 que es la más adecuada para planes y gestión de mantenimiento ya que se enfoca a prolongar la vida útil de los activos mediante el correcto manejo y control de los mismos dentro de la empresa, además de ser la más actual en el mercado en cuanto a sistemas de gestión de activos, creada en 2014. Para las actividades de mantenimiento se consideraron las fichas técnicas y guías de mantenimiento dadas por los fabricantes. Sin embargo, se encontró que algunas máquinas no cuentan con los documentos físicos suministrados por los fabricantes, haciendo necesaria la colaboración del técnico de mantenimiento para poder determinar los intervalos de aplicación de labores de mantenimiento

Sierra Álvarez, Gabriel (2004), elaboró su plan de mantenimiento basado en la norma ISO 9000-2000, que permite un buen desempeño del plan, pero a comparación de la ISO 55000, esta norma no se enfoca en los activos como principal objetivo, sino que tiene como objetivo garantizar la Gestión de Calidad en general dentro de la empresa. Además en ese entonces era la más actual en cuanto a sistemas de gestión de activos

En ambos estudios se buscó garantizar el correcto funcionamiento del plan de mantenimiento, siguiendo requerimientos y estándares internacionales. Sin embargo, se concluye que la norma ISO 55000 es hoy en día la más adecuada para sistemas y planes de mantenimiento ya que tiene como objetivo principal prolongar la vida útil de los activos siguiendo lineamientos y estándares internacionales en cuanto a gestión de activos.

- 4.5. Para nuestra investigación, se elaboraron formatos de documentos aplicables de acuerdo al plan de mantenimiento, los cuales nos permiten tener registro de las incidencias en los equipos, así como el control de los mismos y del programa de mantenimiento y el plan en general.

En la investigación de Varela Reyes, Salvador (2013), de la misma manera, se crearon formatos de mantenimiento para cada trabajo o servicio solicitado, pedido a almacén o compra de repuesto y/o material para las actividades de mantenimiento de la empresa RETESA S.A.

Concluyendo que la elaboración de formatos de mantenimiento nos permite llevar registro y control de las incidencias e intervenciones realizadas en los equipos y/o máquinas. Asimismo, facilitan el seguimiento y control de las actividades de mantenimiento en general.

- 4.6. Para verificar el correcto funcionamiento del plan de mantenimiento, en nuestra investigación se utilizó el software de simulación ProModel, lo que nos permitió corroborar la eficacia del plan, alcanzando un promedio de disponibilidad de 94%, confiabilidad de 89% y mantenibilidad de 89%. Aumentando considerablemente dichos indicadores con respecto a la evaluación previa.

De la misma manera, Valencia Vanegas, Sergio (2014), utilizó el paquete de simulación ProModel para crear y simular un modelo de proceso metalmecánico basado en herramientas de mantenimiento productivo total, alcanzando una disponibilidad promedio de 95%.

En ambos casos se evidencia la gran utilidad de los paquetes de simulación ya que nos permiten evaluar diferentes posibilidades y escenarios sin estricciones, para verificar si nuestro modelo de plan de mantenimiento es adecuado. Además genera gran ahorro ya que si el plan se hiciera en el sistema real se tiene considerable riesgo de no obtener los resultados esperados, acarreando un costo considerable en la aplicación del plan. Sin embargo, para hacer uso del software ProModel se requiere capacitación previa ya que por ser un paquete completo en cuanto a simulación de sistemas de producción, resulta ser un software muy complejo. Actualmente se cuenta con un manual completo de manejo del mismo, pero que no está actualizado a la última versión del software

- 4.7. En esta investigación se obtuvo un aumento considerable en los indicadores de mantenimiento: disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad mediante la simulación de la aplicación del plan, teniendo un promedio de 85 – 95 % en comparación al promedio de la evaluación previa, comprendido entre 55 – 70%.

En el caso de Valencia Vanegas, Sergio (2014), se obtuvo un promedio de disponibilidad de 95%, registrando una disminución de 28.3% de paradas en el proceso productivo por fallas imprevistas, con respecto a la evaluación previa

En ambos casos comparando los resultados de la simulación con los de la evaluación previa, se evidencia un considerable aumento de los indicadores y por consiguiente una importante mejora en el proceso productivo.

- 4.8. En esta investigación se determinó el costo total de mantenimiento y se optó por financiar dicho costo mediante un préstamo, determinando una inversión total de s/.98348.92 y obteniendo un porcentaje de retorno de inversión de 95.22%.

Varela Reyes, Salvador (2013), determinó un costo anual total de mantenimiento preventivo de \$85800 y un ahorro anual de \$32412 en la producción por la disminución de insumos utilizados por falta de mantenimiento.

Se puede concluir que el plan de mantenimiento representa, en un principio, una considerable inversión, sin embargo, esta inversión se puede recuperar en su totalidad en un plazo no mayor a 3 años, generando después considerables ganancias por ahorros generados.

V. CONCLUSIONES

- 5.1. Se realizó un inventario de los 23 equipos y/o máquinas y su posterior codificación, logrando facilitar el control y seguimiento de los mismos, asimismo, esto facilitó su ubicación dentro de la empresa.
- 5.2. Se realizó una evaluación previa del estado de los equipos mostrando promedios de 69% de disponibilidad, 57% de confiabilidad y 78% de mantenibilidad, evidenciando la falta de un plan de mantenimiento programado
- 5.3. Se concluye que el análisis de criticidad es de vital importancia para la realización del plan de mantenimiento a las máquinas que tienen mayor incidencia en el proceso productivo y en el producto final; mediante el análisis de criticidad de determinaron 7 equipos y/o máquinas críticas a las cuales se les aplicará el plan.
- 5.4. Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo, basándose en la norma ISO 55000 , considerando que de esta manera el plan obtenido cumple con los estándares de la gestión de activos que se exigen a nivel internacional.
- 5.5. Se elaboraron los formatos de mantenimiento, que son elaborados de acuerdo a las necesidades y capacidades de la empresa, y se van generando en base a la programación del plan de mantenimiento. Además nos permitirán hacer seguimiento a las incidencias e intervenciones hechas a los equipos y/o máquinas.
- 5.6. Se concluye que los resultados obtenidos en la simulación en cuanto a disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad son aceptables de acuerdo a García Garrido, Santiago (2003), ya que se encuentran en un promedio de entre 85 – 90%, en comparación a la evaluación previa que se encuentran entre 55 – 75%. Lo que demuestra la eficacia del plan de mantenimiento.

- 5.7. Se elaboró la comparación de indicadores, donde se evidencia un incremento considerable de aproximadamente 25% en cuanto a disponibilidad operacional, cumpliendo así con el objetivo general de la presente investigación.
- 5.8. Se determinó una inversión total de s/98348.92, para la cual se obtuvo un retorno de inversión de 95.22%. Concluyendo que en el periodo de inversión establecido en 3 años se recuperará la inversión en su totalidad, generando una ganancia del 95.22% de nuestra inversión, aproximadamente s/93647.84

VI. RECOMENDACIONES

- Para estudios posteriores de mantenimiento o estudios orientados a mejorar procesos productivos se recomienda el uso del software ProModel, ya que nos permite obtener resultados de nuestro modelo o propuesta, antes de su aplicación, lo que nos permite verificar si nuestro modelo es factible para su aplicación a la vida real.
- Es necesario que se cumplan todas las actividades del plan. Además de continuar verificando los resultados del programa de mantenimiento, modificando los ciclos de acorde a los requerimientos de operación de las máquinas.
- Capacitar anualmente al personal operario de la maquinaria y/o equipos en labores de mantenimiento preventivo y correctivo para hacer frente a cualquier eventualidad imprevista sin necesidad de técnicos especializados o servicios de terceros.
- Para el correcto funcionamiento del plan es necesaria la coordinación y organización entre el personal operario, el personal de mantenimiento y el personal administrativo, con el fin de agilizar las labores de mantenimiento
- Verificar el cumplimiento de las solicitudes y órdenes de mantenimiento en el tiempo y plazos establecidos para evitar demoras en el proceso de mantenimiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CÁRCEL, Javier. *“La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial”*. Valencia-España: Universidad Politécnica de Valencia (2014).. 313 p. ISBN: 948-84-941872-7-8.
- CÁRDENAS, Patricio. *“Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los laboratorios de Metalmecánica del SECAP y Propuesta de distribución de maquinaria”*. Trabajo de investigación previa a la obtención de título de ingeniero mecánico. Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana titulada, Facultad de Ingeniería (2014)
- CHANG, Enrique. *“Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler”*. Trabajo de investigación previa a la obtención de título de ingeniero industrial. LIMA-PERÚ: Universidad Peruana de ciencias aplicadas, Facultad de Ingeniería (2008). 93p.
- DIAZ NAVARRO, Juan. *“Técnicas de mantenimiento industrial”*. 2 da ed. España: 318p. ISBN: 978-84-613-7747
- DUFFUAA, Salih O, CAMPBELL, John y RAOUF A. *“Sistemas de mantenimiento: Planeación y control”*. 1era ed. México: Limusa, 2000. 419p. ISBN: 968-18-5918-9.
- GARCIA GARRIDO, Santiago. *“Organización y gestión integral de mantenimiento”*. Diaz Santos. 1era Ed. Madrid: Albasanz (2003). 299 p. ISBN: 978-84-7978-548-2
- GARCÍA, Juan y VELÁSQUEZ, José, *“Plan de Mantenimiento preventivo para PROACES.”* Trabajo de investigación previa a la obtención de título de ingenieros mecánicos. San Salvador-El Salvador: Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (2007)
- GONZALES, Francisco, *“Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.”* 2 da ed. Madrid-España: Artegraf (2005) 518p. ISBN: 84-96169-49-9

- GUTIERREZ, Gernin y ATENCIO, Luis. “Plan de mantenimiento para los equipos de fundición y metalmecánica de la empresa FUMECO LTDA”. Proyecto de grado previo a la obtención del título de ingenieros mecánicos. CARTAJENA DE INDIAS-COLOMBIA: Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de Ingeniería (2004). 98p.
- ISO Org. Gestión de activos — Aspectos generales, principios y terminología. ISO 55000. 1era edición. Suiza (2014).
- JARAMILLO GARCÍA, Orlando. “*Propuesta del mantenimiento preventivo por medio del SIM al parque vehicular del Municipio de Querétaro*”. Proyecto para la titulación de ingeniero en mantenimiento industrial. Santiago de Querétaro, México: Universidad Tecnológica de Querétaro, Facultad de ingeniería, 2013. 103p.
- Manual de Mantenimiento. SENA. Disponible en: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/# . Fecha de consulta: 10 setiembre de 2016.
- Sistema de Cálculo de Indicadores para el Mantenimiento. Hernández Cruz, Eugenio, Navarrete Pérez, Enrique. Disponible en: <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/download/322/662> Fecha de consulta: 18 de octubre del 2017
- RICALDI Arzapalo, Melissa Carla. “*Propuesta para la mejora de la disponibilidad de los camiones de una empresa de transportes de carga pesada, mediante el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento*”. Proyecto profesional para optar por el título de ingeniero industrial. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de ingeniería, 2013. 123p.
- SIERRA ÁLVAREZ, Gabriel. “*Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.*” Trabajo de investigación previo a la obtención del título de ingeniero Mecánico Bucaramanga-Colombia: Universidad Industrial de Santander, (2004),
- SOURIS, Jean. “*El mantenimiento fuente de beneficios*”. 1 ra ed. Madrid-España (1992). 189 p. ISBN: 9784-7978-025

- VALDIVIEZO TORRES, Juan. *“Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la empresa Extruplast S.A.”* Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica salesiana, Facultad de Ingeniería, (2010).

- VALENCIA VANEGAS, Sergio. *“Simulación de un Proceso Metalmecánico para identificar Acciones de mejora aplicando la Metodología de Mantenimiento Productivo Total”*. Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, Medellín-Colombia: Universidad de San Buenaventura Medellín, (2014)

- VARELA REYES, Salvador. *“Implementación de un Plan de mantenimiento preventivo para la empresa RETESA S.A.”* Trabajo de investigación previo a la obtención del título de ingeniero industrial, QUERÉTARO-ECUADOR: Universidad Tecnológica de Querétaro, facultad ciencias de ingeniería (2013). 45p.

- VELÁSQUEZ, Miguel y CAPARROSO, César. *“Programa de mantenimiento preventivo de equipos industriales en la empresa técnica metalmecánica del Caribe y CIA LTDA”*. Trabajo de investigación previa a la obtención del título de ingeniero en mantenimiento industrial. CARTAJENA DE INDIAS-COLOMBIA: Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de ingeniería (2005). 129p.


VIII. ANEXOS

Lista de anexos


- **Anexo 01** : Registro histórico de funcionamiento
- **Anexo 02** : CÁLCULO DE INDICADORES: Metodología de cálculo
- **Anexo 03** : Cuadro de indicadores por cada máquina
- **Anexo 04** : Matriz de Criticidad
- **Anexo 05** : Tabla de ponderaciones para matriz de riesgos
- **Anexo 06** : Cálculo de Criticidad
- **Anexo 07** : Nivel de Criticidad
- **Anexo 08** : Algoritmo y Notación de simulación en ProModel
- **Anexo 09** : Formato de Orden de trabajo de mantenimiento
- **Anexo 10** : Formato de orden de servicio
- **Anexo 11** : Formato de reporte de avería
- **Anexo 12** : Formato de orden de mantenimiento
- **Anexo 13** : Formato de orden de compra y/o material
- **Anexo 14** : Formato de solicitud de repuesto y/o material de almacén
- **Anexo 15** : Síntesis de la norma ISO 55000


Anexo 1


Registro histórico de funcionamiento

 Registro Mensual de Funcionamiento				
MES	ÍTEM	PRODUCCION		
		H. Operadas (Mensual)	H. Paro x Falla	N° de Fallas
OCTUBRE (2016)	MAZ - SOLD 01	87	7	3
	MAZ - SOLD 02	78	4	2
	MAZ - SOLD 03	114	4	5
	MAZ - SOLD 04	52	2	1
	MAZ - TOR	70	5	3
	MAZ - CEP	46	4	1
	MAZ - TLDR	58	4	3
	MAZ - PLS	50	2	1
	MAZ - COMP 1	48	2	1
	MAZ - COMP 2	62	3	3
	MAZ - AMD 1	60	4	3
	MAZ - AMD 2	42	2	1
	MAZ - AMD 3	54	3	2
	MAZ - TRZ	48	5	3
Total Mensual		869	51	32


 Registro Mensual de Funcionamiento				
MES	ÍTEM	PRODUCCION		
		H. Operadas (Mensual)	H. Paro x Falla	N° de Fallas
NOVIEMBRE (2016)	MAZ - SOLD 01	86	6	4
	MAZ - SOLD 02	76	4	2
	MAZ - SOLD 03	92	4	3
	MAZ - SOLD 04	80	2	1
	MAZ - TOR	60	4	2
	MAZ - CEP	42	2	1
	MAZ - TLDR	60	4	2
	MAZ - PLS	48	2	1
	MAZ - COMP 1	38	2	1
	MAZ - COMP 2	56	3	3
	MAZ - AMD 1	48	2	2
	MAZ - AMD 2	48	2	1
	MAZ - AMD 3	44	2	1
	MAZ - AMD 4	26	3	2
	MAZ - AMD 5	26	2	1
	MAZ - TRZ	48	5	3
Total Mensual		878	49	30

	Registro Mensual de Funcionamiento			
MES	ÍTEM	PRODUCCION		
		H.Operadas (Mensual)	H. Paro x Falla	N° de Fallas
DICIEMBRE (2016)	MAZ - SOLD 01	100	5	2
	MAZ - SOLD 02	86	4	3
	MAZ - SOLD 03	92	4	2
	MAZ - SOLD 04	90	2	2
	MAZ - TOR	60	4	3
	MAZ - TLDM	16	1	1
	MAZ - TLDR	42	1	1
	MAZ - PLS	48	2	1
	MAZ - COMP 1	38	2	1
	MAZ - COMP 2	56	3	3
	MAZ - AMD 1	50	2	2
	MAZ - AMD 2	50	2	3
	MAZ - AMD 3	44	2	1
	MAZ - AMD 4	38	3	2
	MAZ - AMD 5	30	2	1
	MAZ - TRZ	36	4	2
Total Mensual		876	43	30


	Registro Mensual de Funcionamiento			
MES	ÍTEM	PRODUCCION		
		H.Operadas (Mensual)	H. Paro x Falla	N° de Fallas
ENERO (2017)	MAZ - SOLD 01	98	5	4
	MAZ - SOLD 02	80	4	3
	MAZ - SOLD 03	94	4	2
	MAZ - SOLD 04	88	3	2
	MAZ - TOR	72	5	2
	MAZ - TLDM	12	1	1
	MAZ - TLDR	42	1	1
	MAZ - PLS	48	2	1
	MAZ - COMP 2	10	2	2
	MAZ - AMD 1	50	3	2
	MAZ - AMD 2	52	2	1
	MAZ - AMD 3	46	2	1
	MAZ - AMD 4	26	3	2
	MAZ - TRZ	48	3	1
Total Mensual		766	40	25

	Registro Mensual de Funcionamiento			
MES	ÍTEM	PRODUCCION		
		H.Operadas (Mensual)	H. Paro x Falla	N° de Fallas
FEBRERO(2017)	MAZ - SOLD 01	96	4	3
	MAZ - SOLD 02	80	4	2
	MAZ - SOLD 03	86	4	5
	MAZ - SOLD 04	78	3	1
	MAZ - TOR	60	5	2
	MAZ - CEP	30	0	0
	MAZ - TLDR	58	4	3
	MAZ - PLS	50	3	2
	MAZ - COMP 1	48	0	0
	MAZ - COMP 2	40	3	1
	MAZ - AMD 1	48	3	2
	MAZ - AMD 2	54	2	1
	MAZ - AMD 3	42	2	1
	MAZ - GREL	60	3	2
	MAZ - AMD 4	48	0	0
	MAZ - AMD 5	50	2	1
	MAZ - OXC 1	16	2	2
	MAZ - OXC 2	16	3	5
	MAZ - TRZ	48	4	2
Total Mensual		1008	51	35

	Registro Mensual de Funcionamiento			
MES	ÍTEM	PRODUCCION		
		H.Operadas (Mensual)	H. Paro x Falla	N° de Fallas
MARZO(2017)	MAZ - SOLD 01	98	3	3
	MAZ - SOLD 02	90	4	2
	MAZ - SOLD 03	90	4	2
	MAZ - SOLD 04	86	2	1
	MAZ - TOR	62	5	3
	MAZ - TLDM	14	1	1
	MAZ - TLDR	58	4	3
	MAZ - PLS	46	2	1
	MAZ - TRZ	48	4	2
	MAZ - COMP 2	40	3	1
	MAZ - AMD 1	48	2	1
	MAZ - AMD 2	42	2	1
	MAZ - AMD 3	46	2	1
	MAZ - CVVN	12	2	1
	MAZ - AMD 4	48	0	0
	MAZ - AMD 5	50	1	1
	MAZ - OXC 1	14	2	1
	MAZ - OXC 2	14	2	1
Total Mensual		906	45	26

	Registro Mensual de Funcionamiento			
MES	ÍTEM	PRODUCCION		
		H.Operadas (Mensual)	H. Paro x Falla	N° de Fallas
ABRIL(2017)	MAZ - SOLD 01	96	6	3
	MAZ - SOLD 02	86	4	2
	MAZ - SOLD 03	92	4	3
	MAZ - SOLD 04	84	1	1
	MAZ - TOR	57	3	2
	MAZ - TLDM	12	1	1
	MAZ - TLDR	58	4	3
	MAZ - PLS	48	2	1
	MAZ - TRZ	50	2	1
	MAZ - COMP 1	22	0	0
	MAZ - AMD 1	48	3	1
	MAZ - AMD 2	48	2	1
	MAZ - AMD 3	44	2	1
	MAZ - TLDMG	10	0	0
	MAZ - AMD 4	48	0	0
	MAZ - AMD 5	50	1	1
	MAZ - TLDV	14	2	1
	MAZ - OXC1	14	3	2
Total Mensual		881	40	24

	Registro Mensual de Funcionamiento			
MES	ÍTEM	PRODUCCION		
		H.Operadas (Mensual)	H. Paro x Falla	N° de Fallas
MAYO(2017)	MAZ - SOLD 01	96	6	3
	MAZ - SOLD 02	86	4	3
	MAZ - SOLD 03	92	4	3
	MAZ - SOLD 04	80	3	1
	MAZ - TOR	52	4	3
	MAZ - TLDM	10	0	0
	MAZ - TLDR	32	0	0
	MAZ - PLS	50	2	2
	MAZ - TRZ	40	2	1
	MAZ - COMP 2	48	3	3
	MAZ - AMD 1	50	2	1
	MAZ - AMD 2	48	3	1
	MAZ - AMD 3	40	2	1
	MAZ - CVVN	14	1	1
	MAZ - AMD 4	48	0	0
	MAZ - AMD 5	50	1	1
	MAZ - TLDV	10	0	0
	MAZ - GREL	30	1	1
Total Mensual		876	38	25

	Registro Mensual de Funcionamiento			
MES	ÍTEM	PRODUCCION		
		H.Operadas (Mensual)	H. Paro x Falla	N° de Fallas
JUNIO(2017)	MAZ - SOLD 01	92	5	3
	MAZ - SOLD 02	90	3	2
	MAZ - SOLD 03	92	4	3
	MAZ - SOLD 04	86	2	1
	MAZ - TOR	55	3	2
	MAZ - TLDM	12	1	1
	MAZ - TLDR	32	0	0
	MAZ - PLS	48	2	1
	MAZ - TRZ	40	2	1
	MAZ - COMP 2	48	3	3
	MAZ - AMD 1	50	3	4
	MAZ - AMD 2	48	3	1
	MAZ - AMD 3	40	2	1
	MAZ - CVVN	14	0	0
	MAZ - AMD 4	48	0	0
	MAZ - AMD 5	48	1	1
	MAZ - TLDV	15	2	1
	MAZ - OXC 1	18	3	2
Total Mensual		876	39	27

	Registro Mensual de Funcionamiento			
MES	ÍTEM	PRODUCCION		
		H.Operadas (Mensual)	H. Paro x Falla	N° de Fallas
JULIO(2017)	MAZ - SOLD 01	94	5	3
	MAZ - SOLD 02	90	4	2
	MAZ - SOLD 03	112	6	3
	MAZ - SOLD 04	86	4	1
	MAZ - TOR	62	5	3
	MAZ - TLDM	12	1	1
	MAZ - TLDR	14	1	1
	MAZ - PLS	50	2	1
	MAZ - TRZ	50	3	1
	MAZ - COMP 2	30	3	2
	MAZ - AMD 1	50	1	2
	MAZ - AMD 2	48	3	2
	MAZ - AMD 3	40	2	1
	MAZ - CVVN	18	2	1
	MAZ - TLDMG	10	0	0
	MAZ - GREL	48	0	0
	MAZ - OXC 1	10	5	3
	MAZ - OXC 2	12	3	2
Total Mensual		836	50	29

Anexo 2

CÁLCULO DE INDICADORES: Metodología de cálculo

A continuación se muestra la metodología de cálculo de los indicadores previos a la aplicación del plan. Se realizó como ejemplo el cálculo de los indicadores del Torno GURUTZPE, tomando como referencia el registro de funcionamiento otorgado por la empresa

Torno – GURUTZPE

Datos de registro:

Mes	Horas			
	Totales	Operadas	Para x Avería	N° de Fallas
OCTUBRE	56	29	9	3

Fuente: Anexo 3

Resolución:

- Horas paradas:

Totales – Operadas – Para x avería

$$56 - 29 - 9 = 18$$

- Horas de funcionamiento:

Operadas + Paro x Avería

$$29 + 9 = 38$$

Indicadores:

- Tiempo promedio para fallar (TPPF):

$$\frac{H.Operadas}{N^{\circ} Fallas} = \frac{29}{3} = 9.67$$

- Tiempo promedio entre fallas (TPEF):

$$\frac{H.Funcionamiento}{N^{\circ} Fallas} = \frac{38}{3} = 12.67$$

- Tiempo promedio para reparar (TPPR):

$$\frac{Paro x averia}{N^{\circ} Fallas} = \frac{9}{3} = 3$$

- **Disponibilidad:**

$$\frac{TPPF-TPPR}{TPPF} = \frac{9.67-3}{9.67} = 0.6897 = 68.97 \%$$

- **Tasa de fallas (λt):**

Donde:

t = 8: Es el tiempo de trabajo de la maquina en un día

$$\lambda t = \frac{1}{TPEF} t = -\lambda t = -\frac{1}{TPEF} t = -\frac{1}{12.67} * 8 = -0.6314$$

** Se cambia al negativo para hallar la confiabilidad ya que su fórmula está basada en exponente negativo*

- **Confiabilidad:**

$$e^{-\lambda t} = e^{-0.6314} = 0.4914 = 49.14 \%$$

- **Mantenibilidad:**

Primero se tiene que hallar (μt) para obtener la mantenibilidad

Donde:

t = 8: Es el tiempo de trabajo de la maquina en un día

$$\mu t = \frac{1}{TPPR} t = -\mu t = -\frac{1}{TPPR} t = -\frac{1}{3} * 8 = -2.6667$$

** Se cambia al negativo para hallar la confiabilidad ya que su fórmula está basada en exponente negativo*

$$1 - e^{-(\mu t)} = e^{-2.6667} = 0.9502 = 95.02 \%$$

Anexo 3

Cuadro de indicadores por cada máquina

Maquina de Soldar MIG - SOLDAMAX															
Mes	Año	Horas						$\frac{H. Operada}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{H. Disponibles}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{Paro x Averia}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{TPPF - TPF}{TPPR}$	$\frac{1}{TPPF}$	$e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{TPPR}$	$1 - e^{-\lambda t}$
		Totales	Paradas	Operadas	Horas de funcionamiento	Para x Averia	N° de Fallas	TPPF	TPEF	TPPR	DISP	Tasa Fallas (λt)	CONF	(μt)	MANT
OCTUBRE	2016	80	28	40	52	12	3	13.3333	17.3333	4.0000	70.00%	-0.5192	59.50%	-2.2500	89.46%
NOVIEMBRE	2016	80	36	34	44	10	4	8.5000	11.0000	2.5000	70.59%	-0.4545	63.47%	-3.6000	97.27%
DICIEMBRE	2016	60	18	33	42	9	2	16.5000	21.0000	4.5000	72.73%	-0.2381	78.81%	-2.0000	86.47%
ENERO	2017	70	32	30	38	8	4	7.5000	9.5000	2.0000	73.33%	-0.5263	59.08%	-4.5000	98.89%
FEBRERO	2017	85	44	32	41	9	3	10.6667	13.6667	3.0000	71.88%	-0.3659	69.36%	-3.0000	95.02%
MARZO	2017	60	18	33	42	9	3	11.0000	14.0000	3.0000	72.73%	-0.3571	69.97%	-3.0000	95.02%
ABRIL	2017	60	21	30	39	9	3	10.0000	13.0000	3.0000	70.00%	-0.3846	68.07%	-3.0000	95.02%
MAYO	2017	70	26	34	44	10	3	11.3333	14.6667	3.3333	70.59%	-0.3409	71.11%	-2.7000	93.28%
JUNIO	2017	60	17	33	43	10	3	11.0000	14.3333	3.3333	69.70%	-0.3488	70.55%	-2.7000	93.28%
JULIO	2017	60	21	30	39	9	3	10.0000	13.0000	3.0000	70.00%	-0.3846	68.07%	-3.0000	95.02%
Promedio Anual				32.9	42.4	9.5	3.1	10.9833	14.1500	3.1667	71.15%	-0.3920	67.80%	-2.9750	93.87%
TOTAL				329	424	95	31								

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC.(Elaboración propia)

Torno - GURUTZPE															
Mes	Año	Horas						$\frac{H. Operadas}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{H. Disponibles}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{Paro \times Averia}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{TPPF - TPF}{TPPR}$	$\frac{1}{TPPF}$	$e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{TPPR}$	$1 - e^{-\lambda t}$
		Totales	Paradas	Operadas	Horas de funcionamiento	Para x Averia	N° de Fallas	TPPF	TPEF	TPPR	DISP	Tasa Fallas (λt)	CONF	(μt)	MANT
OCTUBRE	2016	56	18	29	38	9	3	9.6667	12.6667	3.0000	68.97%	-0.7105	49.14%	-3.0000	95.02%
NOVIEMBRE	2016	62	18	34	44	10	2	17.0000	22.0000	5.0000	70.59%	-0.4091	66.43%	1.4091	75.56%
DICIEMBRE	2016	60	22	29	38	9	3	9.6667	12.6667	3.0000	68.97%	-0.7105	49.14%	1.5789	79.38%
ENERO	2017	58	29	22	29	7	2	11.0000	14.5000	3.5000	68.18%	-0.6207	53.76%	2.0000	86.47%
FEBRERO	2017	60	14	36	46	10	2	18.0000	23.0000	5.0000	72.22%	-0.3913	67.62%	1.3043	72.87%
MARZO	2017	61	18	33	43	10	3	11.0000	14.3333	3.3333	69.70%	-0.6279	53.37%	1.4186	75.79%
ABRIL	2017	54	17	28	37	9	2	14.0000	18.5000	4.5000	67.86%	-0.4865	61.48%	1.4595	76.76%
MAYO	2017	52	15	29	37	8	3	9.6667	12.3333	2.6667	72.41%	-0.7297	48.20%	1.4054	75.47%
JUNIO	2017	56	18	30	38	8	2	15.0000	19.0000	4.0000	73.33%	-0.4737	62.27%	1.4737	77.09%
JULIO	2017	58	15	34	43	9	3	11.3333	14.3333	3.0000	73.53%	-0.6279	53.37%	1.3488	74.05%
Promedio Anual				30.4	39.3	8.9	2.5	12.6333	16.3333	3.7000	70.58%	-0.5788	56.48%	1.0398	78.85%
TOTAL				304	393	89	25								

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC.(Elaboración propia)

Soldadora arco eléctrico - SOLANDINAS															
Mes	Año	Horas						$\frac{H. Operadas}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{H. Disponibles}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{Paro \times Averia}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{TPPF - TPF}{TPPR}$	$\frac{1}{TPPF}$	$e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{TPPR}$	$1 - e^{-\lambda t}$
		Totales	Paradas	Operadas	Horas de funcionamiento	Para x Averia	N° de Fallas	TPPF	TPEF	TPPR	DISP	Tasa Fallas (λt)	CONF	(μt)	MANT
OCTUBRE	2016	50	13	29	37	8	3	9.6667	12.3333	2.6667	72.41%	-0.7297	48.20%	-3.3750	96.58%
NOVIEMBRE	2016	42	9	24	33	9	2	12.0000	16.5000	4.5000	62.50%	-0.5455	57.96%	1.2727	71.99%
DICIEMBRE	2016	46	15	24	31	7	3	8.0000	10.3333	2.3333	70.83%	-0.8710	41.85%	1.4839	77.32%
ENERO	2017	38	7	22	31	9	3	7.3333	10.3333	3.0000	59.09%	-0.8710	41.85%	1.2258	70.65%
FEBRERO	2017	48	9	30	39	9	2	15.0000	19.5000	4.5000	70.00%	-0.4615	63.03%	1.2308	70.79%
MARZO	2017	60	15	35	45	10	3	11.6667	15.0000	3.3333	71.43%	-0.6000	54.88%	1.3333	73.64%
ABRIL	2017	62	20	36	42	6	2	18.0000	21.0000	3.0000	83.33%	-0.4286	65.14%	1.4762	77.15%
MAYO	2017	66	23	35	43	8	3	11.6667	14.3333	2.6667	77.14%	-0.6279	53.37%	1.5349	78.45%
JUNIO	2017	48	11	29	37	8	2	14.5000	18.5000	4.0000	72.41%	-0.4865	61.48%	1.2973	72.67%
JULIO	2017	38	13	19	25	6	3	6.3333	8.3333	2.0000	68.42%	-1.0800	33.96%	1.5200	78.13%
Promedio Anual				28.3	36.3	8	2.6	11.41666667	14.6167	3.2000	70.76%	-0.6702	52.17%	0.9000	76.74%
TOTAL				283	363	80	26								

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC.(Elaboración propia)

Compresora 2HP - HYUNDAI															
Mes	Año	Horas						$\frac{H. Operadas}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{H. Disponibles}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{Paro x Averia}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{TPPF - TPF}{TPPR}$	$\frac{1}{TPPF}$	$e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{TPPR}$	$1 - e^{-\lambda t}$
		Totales	Paradas	Operadas	Horas de funcionamiento	Para x Averia	N° de Fallas	TPPF	TPEF	TPPR	DISP	Tasa Fallas (λt)	CONF	(μt)	MANT
OCTUBRE	2016	56	16	33	40	7	3	11.0000	13.3333	2.3333	78.79%	-0.6750	50.92%	-3.8571	97.89%
NOVIEMBRE	2016	54	14	31	40	9	2	15.5000	20.0000	4.5000	70.97%	-0.4500	63.76%	1.3500	74.08%
DICIEMBRE	2016	54	15	31	39	8	3	10.3333	13.0000	2.6667	74.19%	-0.6923	50.04%	1.3846	74.96%
ENERO	2017	48	10	27	38	11	3	9.0000	12.6667	3.6667	59.26%	-0.7105	49.14%	1.2632	71.72%
FEBRERO	2017	52	10	32	42	10	3	10.6667	14.0000	3.3333	68.75%	-0.6429	52.58%	1.2381	71.01%
MARZO	2017	52	11	31	41	10	2	15.5000	20.5000	5.0000	67.74%	-0.4390	64.47%	1.2683	71.87%
ABRIL	2017	58	11	38	47	9	3	12.6667	15.6667	3.0000	76.32%	-0.5745	56.30%	1.2340	70.89%
MAYO	2017	53	16	29	37	8	4	7.2500	9.2500	2.0000	72.41%	-0.9730	37.80%	1.4324	76.13%
JUNIO	2017	52	13	31	39	8	2	15.5000	19.5000	4.0000	74.19%	-0.4615	63.03%	1.3333	73.64%
JULIO	2017	53	12	32	41	9	3	10.6667	13.6667	3.0000	71.88%	-0.6585	51.76%	1.2927	72.55%
Promedio Anual				31.5	40.4	8.9	2.8	11.80833333	15.1583	3.3500	71.45%	-0.6277	53.98%	0.7940	75.47%
TOTAL				315	404	89	28								

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC.(Elaboración propia)

Taladro Radial Industrial															
Mes	Año	Horas						$\frac{H. Operadas}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{H. Disponibles}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{Paro x Averia}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{TPPF - TPF}{TPPR}$	$\frac{1}{TPPF}$	$e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{TPPR}$	$1 - e^{-\lambda t}$
		Totales	Paradas	Operadas	Horas de funcionamiento	Para x Averia	N° de Fallas	TPPF	TPEF	TPPR	DISP	Tasa Fallas (λt)	CONF	(μt)	MANT
OCTUBRE	2016	44	5	30	39	9	3	10.0000	13.0000	3.0000	70.00%	-0.6923	50.04%	-3.0000	95.02%
NOVIEMBRE	2016	45	2	33	43	10	2	16.5000	21.5000	5.0000	69.70%	-0.4186	65.80%	1.0465	64.88%
DICIEMBRE	2016	43	10	25	33	8	3	8.3333	11.0000	2.6667	68.00%	-0.8182	44.12%	1.3030	72.83%
ENERO	2017	46	14	24	32	8	2	12.0000	16.0000	4.0000	66.67%	-0.5625	56.98%	1.4375	76.25%
FEBRERO	2017	33	5	22	28	6	3	7.3333	9.3333	2.0000	72.73%	-0.9643	38.13%	1.1786	69.23%
MARZO	2017	36	7	22	29	7	2	11.0000	14.5000	3.5000	68.18%	-0.6207	53.76%	1.2414	71.10%
ABRIL	2017	40	19	16	21	5	2	8.0000	10.5000	2.5000	68.75%	-0.8571	42.44%	1.9048	85.11%
MAYO	2017	48	9	30	39	9	3	10.0000	13.0000	3.0000	70.00%	-0.6923	50.04%	1.2308	70.79%
JUNIO	2017	44	11	25	33	8	2	12.5000	16.5000	4.0000	68.00%	-0.5455	57.96%	1.3333	73.64%
JULIO	2017	38	8	23	30	7	2	11.5000	15.0000	3.5000	69.57%	-0.6000	54.88%	1.2667	71.82%
Promedio Anual				25	32.7	7.7	2.4	10.71666667	14.0333	3.3167	69.16%	-0.6771	51.41%	0.8943	75.07%
TOTAL				250	327	77	24								

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC.(Elaboración propia)

Amoladora 7" - BOSH															
Mes	Año	Horas						$\frac{H. Operadas}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{H. Disponibles}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{Paro x Averia}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{TPPF - TPF}{TPPR}$	$\frac{1}{TPPF}$	$e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{TPPR}$	$1 - e^{-\lambda t}$
		Totales	Paradas	Operadas	Horas de funcionamiento	Para x Averia	N° de Fallas	TPPF	TPEF	TPPR	DISP	Tasa Fallas (λt)	CONF	(μt)	MANT
OCTUBRE	2016	47	3	32	40	12	3	10.6667	13.3333	4.0000	62.50%	-0.6750	50.92%	-2.2500	89.46%
NOVIEMBRE	2016	50	8	30	38	12	1	30.0000	38.0000	12.0000	60.00%	-0.2368	78.91%	1.3158	73.17%
DICIEMBRE	2016	50	15	26	38	9	2	13.0000	19.0000	4.5000	65.38%	-0.4737	62.27%	1.3158	73.17%
ENERO	2017	44	10	26	37	8	2	13.0000	18.5000	4.0000	69.23%	-0.4865	61.48%	1.1892	69.55%
FEBRERO	2017	33	1	22	28	10	2	11.0000	14.0000	5.0000	54.55%	-0.6429	52.58%	1.1786	69.23%
MARZO	2017	38	11	20	35	7	3	6.6667	11.6667	2.3333	65.00%	-0.7714	46.24%	1.0857	66.23%
ABRIL	2017	44	10	26	36	8	2	13.0000	18.0000	4.0000	69.23%	-0.5000	60.65%	1.2222	70.54%
MAYO	2017	45	9	26	39	10	3	8.6667	13.0000	3.3333	61.54%	-0.6923	50.04%	1.1538	68.46%
JUNIO	2017	50	14	28	39	8	2	14.0000	19.5000	4.0000	71.43%	-0.4615	63.03%	1.2821	72.25%
JULIO	2017	50	11	30	32	9	3	10.0000	10.6667	3.0000	70.00%	-0.8438	43.01%	1.5625	79.04%
Promedio Anual				26.6	36.2	9.3	2.3	13	17.5667	4.6167	64.89%	-0.5784	56.91%	0.9056	73.11%
TOTAL				266	362	93	23								

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC.(Elaboración propia)

Taladro vertical - KAILI															
Mes	Año	Horas						$\frac{H. Operadas}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{H. Disponibles}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{Paro x Avería}{N^{\circ} Fallas}$	$\frac{TPPF - TPF}{TPPR}$	$\frac{1}{TPPF}$	$e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{TPPR}$	$1 - e^{-\lambda t}$
		Totales	Paradas	Operadas	Horas de funcionamiento	Para x Avería	N° de Fallas	TPPF	TPEF	TPPR	DISP	Tasa Fallas (λt)	CONF	(μt)	MANT
OCTUBRE	2016	52	8	34	44	10	2	17.0000	22.0000	5.0000	70.59%	-0.4091	66.43%	-1.8000	83.47%
NOVIEMBRE	2016	48	15	25	33	8	1	25.0000	33.0000	8.0000	68.00%	-0.2727	76.13%	1.4545	76.65%
DICIEMBRE	2016	50	15	26	35	9	3	8.6667	11.6667	3.0000	65.38%	-0.7714	46.24%	1.4286	76.03%
ENERO	2017	56	22	26	34	8	2	13.0000	17.0000	4.0000	69.23%	-0.5294	58.90%	1.6471	80.74%
FEBRERO	2017	46	8	29	38	9	3	9.6667	12.6667	3.0000	68.97%	-0.7105	49.14%	1.2105	70.20%
MARZO	2017	60	24	28	36	8	2	14.0000	18.0000	4.0000	71.43%	-0.5000	60.65%	1.6667	81.11%
ABRIL	2017	62	14	36	48	12	2	18.0000	24.0000	6.0000	66.67%	-0.3750	68.73%	1.2917	72.52%
MAYO	2017	54	20	26	34	8	3	8.6667	11.3333	2.6667	69.23%	-0.7941	45.20%	1.5882	79.57%
JUNIO	2017	56	24	25	32	7	1	25.0000	32.0000	7.0000	72.00%	-0.2813	75.48%	1.7500	82.62%
JULIO	2017	55	20	27	35	8	2	13.5000	17.5000	4.0000	70.37%	-0.5143	59.79%	1.5714	79.23%
Promedio Anual				28.2	36.9	8.7	2.1	15.25	19.9167	4.6667	69.19%	-0.5158	60.67%	1.1809	78.21%
TOTAL				282	369	87	21								

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC.(Elaboración propia)

ANEXO 4

Matriz de Criticidad

Para realizar el análisis de criticidad se utilizó el método de frecuencia por consecuencia:

$$\text{CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA} * \text{CONSECUENCIA}$$

$$\text{CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA} * (\text{Impacto operacional} + \text{Flexibilidad operacional} + \text{Costo de mantenimiento} + \text{Impacto en la seguridad})$$

MATRIZ DE CRITICIDAD														
			CONSECUENCIA (Impacto)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FRECUENCIA	MUY ALTA	5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	ALTA	4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
	MEDIA	3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
	BAJA	2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	MUY BAJA	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12




	CRÍTICO. Requiere medidas preventivas urgentes.
	SEMI-CRÍTICO. Requiere medidas preventivas, pero menos específicas y sin urgencia
	NO CRÍTICO. No requieren medidas preventivas

Tabla. N°5: Matriz de criticidad.

Fuente: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf

Anexo 5

Para determinar la frecuencia de fallas y el nivel de impacto se utilizó la siguiente tabla de ponderaciones

TABLA DE PONDERACIONES PARA MATRIZ DE RIESGOS		
FACTOR	NIVEL	PONDERACIÓN
FRECUENCIA: Promedio de fallas en un año	Mayor a 10	5
	Entre 7 y 10	4
	Entre 5 - 7	3
	Entre 2 y 5	2
	Menos de 2	1
IMPACTO OPERACIONAL: Efectos causados en la producción	Parada inmediata de toda la planta	5
	Parada de un sector de la línea de producción	3
	No genera efecto significativo sobre la producción, operaciones o calidad	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL: Posibilidad de realizar un cambio rápido sin incurrir en costos o pérdidas considerables	No existe opción de producción	5
	Existe opción de respaldo compartido	3
	Existe opción de respaldo	1
COSTO DEL MANTENIMIENTO: costo mensual que implica la labor de mantenimiento	Mayor a s/.200	5
	Entre s/.100 y s/.200	3
	Menor a s/.100	1
IMPACTO EN SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE: posibles inconvenientes sobre las personas, planta y medio ambiente	Afecta la seguridad humana y de instalaciones de la planta	5
	Afecta las instalaciones pero no produce daños severos	3
	Provoca efecto ambiental leve	1
	No provoca ningún daño a las personas o el medio ambiente	0

Tabla. N°6: Tabla de ponderaciones para análisis de criticidad

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6

Cálculo de Criticidad

Se utilizó la tabla de ponderaciones propuesta para realizar el análisis y cálculo de criticidad de todos los equipos.

Utilizando la metodología de frecuencia por consecuencia en una hoja de cálculo en Excel se determinaron los valores de riesgo y posteriormente el nivel de criticidad.

CÁLCULO DE VALORES DE RIESGO PARA CRITICIDAD								
MÁQUINA Y/O EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA (Impacto)				NIVEL DE IMPACTO	Valor de Riesgo	NIVEL DE CRITICIDAD
		Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de mantenimiento	Impacto en la seguridad y M.A.			
Soldador MIG	3	2	3	3	1	9	27	CRÍTICO
Soldadora MIG/TIG/SMAW	1	1	2	1	0	4	4	NO CRÍTICO
Soldadoras Arco Eléctrico SOLANDINAS	3	3	2	3	2	10	30	CRÍTICO
Soldadoras Arco Eléctrico INDURA	2	2	3	1	0	6	12	SEMI-CRÍTICO
Cierra de vaivén	2	2	2	1	2	7	14	SEMI-CRÍTICO
Cepillo de codo	1	2	3	1	1	7	7	NO CRÍTICO
Tronzadora	1	1	2	1	1	5	5	NO CRÍTICO
Taladro vertical	2	3	1	2	2	8	16	CRÍTICO
Torno	3	2	3	5	1	11	33	CRÍTICO
Compresora de 2HP	3	3	1	2	2	8	24	CRÍTICO
Compresora de 15 HP	1	2	1	1	2	6	6	NO CRÍTICO
Amoladora 4" BLACK & DECKER	1	1	1	1	2	5	5	NO CRÍTICO
Equipo de oxicorte VICTOR	2	2	1	1	2	6	12	SEMI-CRÍTICO
Amoladora 9" BOSH	1	3	1	1	2	7	7	NO CRÍTICO
Amoladora 7" BOSH	3	1	2	1	2	6	18	CRÍTICO
Amoladora 9" DEWALT	2	2	2	1	1	6	12	SEMI-CRÍTICO
Taladro Manual	2	2	1	1	2	6	12	SEMI-CRÍTICO
Taladro Magnético	1	0	2	1	0	3	3	NO CRÍTICO
Equipo de oxicorte AGA	1	1	2	1	3	7	7	NO CRÍTICO
Amoladora 7" CROWN	1	3	1	3	2	9	9	NO CRÍTICO
Taladro radial industrial	5	2	1	1	2	6	30	CRÍTICO
Cortadora por plasma	2	2	2	2	1	7	14	SEMI-CRÍTICO
Grupo Electrónico	2	1	1	1	1	4	8	NO CRÍTICO

Tabla. N°7: Cálculo de criticidad mediante metodología de frecuencia por consecuencia

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC

Anexo 7

Nivel de criticidad de equipos

MÁQUINA Y/O EQUIPO	GRADO DE RIESGO	NIVEL DE CRITICIDAD
Taladro Magnético	3	NO CRÍTICO
Soldadora MIG/TIG/SMAW	4	NO CRÍTICO
Amoladora 4" BLACK & DECKER	5	NO CRÍTICO
Tronzadora	5	NO CRÍTICO
Compresora de 15 HP	6	NO CRÍTICO
Amoladora 9" BOSH	7	NO CRÍTICO
Cepillo de codo	7	NO CRÍTICO
Equipo de oxicorte AGA	7	NO CRÍTICO
Grupo Electrónico	8	NO CRÍTICO
Taladro vertical	8	NO CRÍTICO
Amoladora 7" CROWN	9	NO CRÍTICO
Amoladora 9" DEWALT	12	SEMI-CRÍTICO
Equipo de oxicorte VICTOR	12	SEMI-CRÍTICO
Soldadoras Arco Eléctrico INDURA	12	SEMI-CRÍTICO
Taladro Manual	12	SEMI-CRÍTICO
Cierra de vaivén	14	SEMI-CRÍTICO
Taladro vertical	16	CRÍTICO
Amoladora 7" BOSH	18	CRÍTICO
Compresora de 2HP	24	CRÍTICO
Soldador MIG	27	CRÍTICO
Soldadoras Arco Eléctrico SOLANDINAS	30	CRÍTICO
Taladro radial industrial	30	CRÍTICO
Torno	33	CRÍTICO

Tabla. N°8: Tabla de criticidad de equipos y/o máquinas

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC

Anexo 8

Algoritmo y Notación de simulación en ProModel

ProModel - PRO MODEL.mod - [Ver Texto (PRO MODEL.mod)]

Archivo Editar Ver Construir Simulación Output Herramientas Ventana Ayuda

*
*
* Listado del modelo formateado: *
* F:\EXPONER\PRO MODEL.mod *
*

Unidades de Tiempo: Minutos
Unidades de Distancia: Pies

* Locaciones *

Nombre	Cap	Unidades	Estadist	Reglas	Costos
Soldadora_Mig	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	1.3988/hr	
Torno	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	0.7917/hr	
Sold_Arco_Elec	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	0.8095/hr	
Compresora_2HP	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	1.107/hr	
Amoladora_7	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	0.3393/hr	
Taladro_vertical	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	0.7917/hr	
Taladro_radial	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	0.7917/hr	
Oficina_de_mantenimiento	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,		
Salida	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,		
Loc1	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,		
Machinist2	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,		
Machinist3	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,		

* Tiempos Muertos por Reloj Locaciones *

Loc	Frecuencia	Primera Vez	Prioridad	Programado	Deshab	Lógica
Soldadora_Mig	56 hr	56 hr	99	No	No	Use Tecnico For 1 hr
Torno	448 hr	448 hr	99	No	No	Use Tecnico For 1 hr
Sold_Arco_Elec	140 hr	224 hr	99	No	No	Use Tecnico For 1.2 hr
Compresora_2HP	140 hr	168 hr	99	No	No	Use Tecnico For 1 hr
Amoladora_7	140 hr	120 hr	99	No	No	Use Tecnico For 1 hr
Taladro_vertical	420 hr	200 hr	99	No	No	Use Tecnico For 1 hr
Taladro_radial	140 hr	240 hr	99	No	No	Use Tecnico For 1 hr

 * Entidades *

Nombre	Velocidad (Ppm)	Estadist	Costos
Operario	150	Series de tiempo	4

 * Redes de Ruta *

Nombre	Tipo	T/V	Desde	Hasta	BI	Distancia/Tiempo	Factor de Velocidad
Ruta_mantto	Sobrepasar	Velocidad & Distancia	N1	N2	Bi	60.68	1
			N1	N3	Bi	46.78	1
			N1	N4	Bi	37.48	1
			N1	N5	Bi	36.95	1
			N1	N6	Bi	42.97	1
			N1	N7	Bi	50.86	1
			N1	N8	Bi	65.11	1

 * Interfaces *

Red	Nodo	Locación
Ruta_mantto	N1	Oficina_de_mantenimiento
	N2	Soldadora_Mig
	N3	Torno
	N4	Sold_Arco_Elec
	N5	Compresora_2HP
	N6	Taladro_radial
	N7	Taladro_vertical
	N8	Amoladora_7

 * Mapeo *

Red	Desde	Hasta	Dest
Ruta_mantto	N1	N2	
	N1	N3	
	N1	N4	
	N1	N5	
	N1	N6	
	N1	N7	
	N1	N8	

 * Recursos *

Nombre	Rec	Ent	Buscar	Buscar	Ruta	Movimiento	Costos
Machinist	1	Por Unidad Menos	Utilizados	Más Tiempo		Vacío: 150 Ppm	
				Lleno: 150 Ppm			
Tecnico	1	Por Unidad Más Cercano	Más Tiempo	Ruta_mantto	Vacío: 150 Ppm	4.5/hr	
			Home: N1	Lleno: 150 Ppm	4/Usar		
			(Regresar)				

Machinist 1	Por Unidad Menos Utilizados Más Tiempo	Vacío: 150 Ppm
	Lleno: 150 Ppm	
Tecnico 1	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Ruta_mantto	Vacío: 150 Ppm 4.5/hr
	Home: N1 Lleno: 150 Ppm 4/Usar	
	(Regresar)	

 * Procesamiento *

Proceso		Enrutamiento		Regla	Lógica de Movimiento
Entidad	Locación	Operación	Blk Salida Destino		
Operario	Loc1	Wait 6 min	1 Operario Soldadora_Mig	FIRST 1	
Operario	Soldadora_Mig	wait 34 min	1 Operario Torno	FIRST 1	
Operario	Torno	wait 35 min	1 Operario Sold_Arco_Elec	FIRST 1	
Operario	Sold_Arco_Elec	wait 34 min	1 Operario Compresora_2HP	FIRST 1	
Operario	Compresora_2HP	wait 35 min	1 Operario Taladro_radial	FIRST 1	
Operario	Taladro_radial	wait 35 min	1 Operario Taladro_vertical	FIRST 1	
Operario	Taladro_vertical	wait 34 min	1 Operario Amoladora_7	FIRST 1	
Operario	Amoladora_7	Wait 35 min	1 Operario EXIT	FIRST 1	


 * Arribos *

Entidad	Locación	Cant. por Arribo	Primera Vez	Ocurrencias	Frecuencia	Lógica
Operario	Loc1	2	INFINITE	0.5 HR		

Fuente: Promodel (Elaboración Propia)

Anexo 9

Formato de Orden de trabajo de mantenimiento

	Orden de Trabajo de Mantenimiento	Código: OTM–MAZ 01
Máquina:	OT:	Fecha:
Hora de inicio:	Hora de finalización:	
Motivo		
Actividades realizadas		
Observaciones		
Trabajo Autorizado por:		
Trabajo Realizado por:		

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)

Anexo 10


Formato de orden de servicio

	Orden de Servicio de Mantenimiento		Código: OSM–MAZ 01
Código de Máquina:		OS. N°:	Fecha:
Fecha de inicio:		Fecha de finalización:	
Tipo de Servicio		Descripción	
Mantenimiento Correctivo			
Mantenimiento Preventivo			
Mantenimiento Predictivo			
Otro			
Actividades realizadas			
Observaciones			
Servicio Requerido por:			
Servicio Realizado por:			

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)

Anexo 11


Formato de reporte de avería

		Reporte de Avería		Código: RAV-MAZ 01	
Código de Máquina:			RA. N°:		Fecha:
Hora de inicio:			Hora de finalización:		
Tipo de Avería					
Eléctrica		Hidráulica			
Hidráulica		Mecánica			
Otra		Neumática			
Causas					
Observaciones					
Reporte realizado por					
Reporte Recibido por:					

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)

Anexo 12


Formato de orden de compra

	Orden de Compra de Material y/o Repuesto para mantenimiento		Código: OCM-MAZ 01
Código de Máquina:	OC. N°:	Fecha:	
Requerimiento			
Material y/o Repuesto		Cantidad	
Observaciones			
Solicitado por:			
Recibido por:			

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)

Anexo 13

Formato de solicitud de material a almacén

	Solicitud de Material y/o Repuesto a Almacén		Código: SMA–MAZ 01
Código de Máquina:	SMA. N°:	Fecha:	
Requerimiento			
Material y/o Repuesto		Cantidad	
Observaciones			
Solicitado por:			
Recibido por:			

Fuente: MAZ Ingenieros Contratistas SAC (Elaboración propia)

Anexo 14

Síntesis de la norma ISO 55000

A continuación se detalla una síntesis de la norma ISO 55000, su terminología y sus requerimientos.

ISO 55000: GESTIÓN DE ACTIVOS.

La norma ISO 55000 se enfoca en prolongar la vida útil de los activos mediante la aplicación de sistemas de gestión de los mismos.



Ciclo de vida útil de un activo

La norma ISO 55000 se enfoca en mejorar el manejo y gestión del activo, en especial en la operación y mantenimiento del mismo.

Para Llevar una correcta planificación de gestión de activos, en el caso de esta investigación, la planificación de mantenimiento, se deben tener en cuenta:

Acciones, responsabilidades, recursos y escalas de tiempo para implementar la estrategia de gestión y entregar los objetivos de la gestión de activos

Política de Mantenimiento de la norma ISO 55000.

Garantizar una operación confiable y sostenible de los activos físicos mantenibles, maximizando su rendimiento y optimizando los costos a lo largo de su ciclo de vida, mediante la implementación de las mejores prácticas de mantenimiento en la industria.

Estrategia de mantenimiento según la norma ISO 55000



Requerimientos de la norma ISO 55000

➤ Contexto Organizacional

- Comprender y conocer la organización y su contexto.
- Comprender y conocer las necesidades y expectativas del cliente.
- Determinar el alcance del plan de mantenimiento.

➤ **Liderazgo**

- Liderazgo de todo el personal involucrado.
- Implementar políticas de organización.
- Determinar roles organizacionales, responsabilidades y autoridades.

➤ **Planeación**

- Atender riesgos y oportunidades.
- Plantear objetivos y planes para alcanzarlos

➤ **Soporte**

- Determinar recursos a usar
- Sensibilizar y comunicar a todo el personal
- Documentar la información
- Actualizar la información
- Controlar la información documentada

➤ **Operación**

- Planear y controlar el mantenimiento
- Gestión al cambio
- Controlar y documentar la tercerización

➤ **Evaluación del desempeño**

- Monitoreo, medición, análisis y evaluación de indicadores
- Auditorías internas
- Revisión de personal administrativo y gerencial

➤ **Mejora**

- No conformidades y acciones preventivas
- Mejora continua

Conclusiones de la norma ISO 55000

- Un sistema de gestión de activos basado en ISO 55000 puede generar un aumento de las utilidades de la empresa, pero para alcanzar este aumento se requiere cambiar la cultura en todos los niveles de la organización.
- La gestión de activos debe involucrar a todos los miembros y niveles de la empresa, esto permitirá alcanzar un gran beneficio sin asumir incurrir en grandes riesgos y costos por los métodos tradicionales de mantenimiento.
- La norma ISO 55000 Gestión de activos, involucra más allá del mantenimiento, a las diferentes áreas de las organizaciones.